



ESCUELA DE POSGRADOS

TRABAJO DE GRADO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO ACADÉMICO:

MAGISTER EN ADMINISTRACIÓN DE EMPRESAS

TÍTULO:

**“ESTUDIO Y DISEÑO DEL LABORATORIO DE HUMEDAD PARA EL CENTRO
DE METROLOGÍA DEL EJÉRCITO ECUATORIANO, BAJO LA NORMA NTE
INEN ISO/IEC 17025”**

REALIZADO POR:

LUIS GERMÁN GUAÑO COSTALES

DIRECTOR

ING. JOSÉ CHAMORRO, MCI

QUITO, OCTUBRE 2011

CERTIFICACIÓN

Certifico que el presente trabajo fue realizado en su totalidad por el señor LUIS GERMÁN GUÑO COSTALES, como requerimiento parcial a la obtención del Título de Magister en Administración de Empresas, el mismo que es idóneo tanto en su contenido como metodológicamente, cumpliendo con las especificaciones impuestas por la Universidad Politécnica Salesiana, y que contribuirá al adelanto del país.

Quito, Octubre del 2011.

ING. JOSÉ CHAMORRO, MCI.
DIRECTOR

A Dios, a la Virgen, a mis amados padres y a mi querido hijo.

AGRADECIMIENTO

Presento mis agradecimientos desde el fondo de mi corazón a Dios por darme la vida, inteligencia y claridad para poder servirle a él y a la sociedad. Además a la Virgen Santísima, quien ha velado por mí durante mi existencia.

A mis adorados padres, quienes han sido la luz para mi vida, pues con su amor, guía y perseverancia me han formado de una manera adecuada y fundamentada en buenos valores.

A todos los integrantes de mi familia que me han ofrecido afecto y comprensión en todos u cada uno de los momentos de mi vida.

Al Sr. Ing. José Chamorro, quien me ha orientado para la elaboración del presente trabajo.

Al Centro de Metrología del Ejército Ecuatoriano por permitirme realizar este trabajo que contribuirá en el desarrollo de mi vida profesional.

ÍNDICE GENERAL

PORTADA	1
CERTIFICACIÓN.....	2
PÁGINA DE DEDICATORIA.....	3
PÁGINA DE AGRADECIMIENTO.....	4
ÍNDICE GENERAL.....	5
ÍNDICE DE CUADROS.....	10
ÍNDICE DE GRÁFICOS.....	11
INTRODUCCIÓN.....	12
CAPÍTULO I	
EL CENTRO DE METROLOGÍA DEL EJÉRCITO ECUATORIANO.....	13
1.1. RESEÑA HISTÓRICA DEL CMEE.....	13
1.2. MISIÓN DEL CMEE.....	14
1.3. VISIÓN DEL CMEE.....	14
1.4. ORGANIZACIÓN DEL CMEE.....	15
1.5. TERMINOLOGÍA METROLÓGICA.....	16
CAPÍTULO II	
PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA	20
2.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	20
2.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	20
2.3. SISTEMATIZACIÓN DEL PROBLEMA	21
2.4. DELIMITACIÓN DEL PROBLEMA	21
2.5. OBJETIVOS	21

2.5.1. OBJETIVO GENERAL	21
2.5.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	22
2.6. JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN	22
CAPÍTULO III	
LA NORMA NTE INEN ISO/IEC 17025:2006	24
3.1. DESCRIPCIÓN DE LA ISO E IEC	24
3.2. OBJETO Y CAMPO DE APLICACIÓN	26
3.3. REFERENCIAS NORMATIVAS	27
3.4. TÉRMINOS Y DEFINICIONES	27
3.5. REQUISITOS RELATIVOS A LA GESTIÓN	27
3.6. REQUISITOS TÉCNICOS	33
CAPÍTULO IV	
PROPUESTA DEL LABORATORIO DE HUMEDAD	39
4.1. PRINCIPIOS DE HUMEDAD	39
4.1.1. DEFINICIONES DE HUMEDAD	39
4.1.2. SENSORES DE HUMEDAD	41
4.1.3. FACTORES A CONSIDERAR EN LA MEDICIÓN DE HUMEDAD...	50
4.2. DISEÑO DEL LABORATORIO DE HUMEDAD.....	51
4.2.1. TRAZABILIDAD DEL LABORATORIO DE HUMEDAD.....	51
4.2.2. PLANIFICACIÓN.....	54
4.2.3. PARÁMETROS CRÍTICOS.....	55
4.2.3.1. INTERFERENCIAS DE RADIOFRECUENCIA (RFI).....	55
4.2.3.2. DESCARGAS ELECTROSTÁTICAS (ESD).....	55

4.2.3.3. HUMEDAD RELATIVA (HR).....	56
4.2.3.4. TEMPERATURA.....	58
4.2.3.5. RUIDO.....	58
4.2.3.6. PARTÍCULAS.....	58
4.2.3.7. VIBRACIONES.....	58
4.2.3.8. PERSONAL.....	58
4.2.4. PATRONES Y EQUIPOS.....	60
4.2.4.1. HIGRÓMETRO PATRÓN DE REFERENCIA.....	62
4.2.4.2. CÁMARA ESTABILIZADA DE HUMEDAD.....	65
4.2.5. INFRAESTRUCTURA FÍSICA DEL LABORATORIO.....	67
4.2.5.1. ESPECIFICACIONES DE CONSTRUCCIÓN.....	67
4.2.5.2. INSTALACIONES ELÉCTRICAS.....	68
4.2.5.3. SISTEMA DE CLIMATIZACIÓN.....	68
4.2.5.4. SISTEMA DE SEGURIDAD, INCENDIO Y EMERGENCIA.....	69
4.2.5.5. INSTALACIONES LUMÍNICAS.....	70
4.2.5.6. DISTRIBUCIÓN DE ÁREAS.....	70
4.3. ESTUDIO DE FACTIBILIDAD.....	71
4.3.1. INTRODUCCIÓN.....	71
4.3.2. ANTECEDENTES Y JUSTIFICACIÓN.....	72
4.3.3. OBJETIVOS.....	73
4.3.3.1. GENERAL.....	73
4.3.3.2. ESPECIFICOS.....	73

4.3.4. ESTUDIO DE MERCADO.....	73
4.3.4.1. INTRODUCCIÓN.....	73
4.3.4.2. DEFINICIÓN DEL PRODUCTO.....	76
4.3.4.3. ANÁLISIS DE LA DEMANDA.....	76
4.3.4.3.1. DISTRIBUCIÓN GEOGRÁFICA DEL MERCADO DE CONSUMO.....	76
4.3.4.3.2. COMPORTAMIENTO HISTÓRICO DE LA DEMANDA.....	80
4.3.4.3.3. TABULACIÓN DE INFORMACIÓN DE LAS FUENTES.....	81
4.3.4.3.4. PROYECCIÓN DE LA DEMANDA.....	85
4.3.4.4. ANÁLISIS DE LA OFERTA.....	86
4.3.4.4.1. CARACTERÍSTICAS DE PRESTADORES DEL SERVICIO.....	86
4.3.4.4.2. PROYECCIÓN DE LA OFERTA.....	87
4.3.4.5. ANÁLISIS DE PRECIOS.....	88
4.3.4.6. IMPORTACIONES DEL SERVICIO.....	88
4.3.4.7. CANALES DE COMERCIALIZACIÓN Y DISTRIBUCIÓN.....	89
4.3.4.7.1. DESCRIPCIÓN DE LOS CANALES DE DISTRIBUCIÓN.....	89
4.3.5. ESTUDIO TÉCNICO.....	90
4.3.5.1. TAMAÑO DEL PROYECTO.....	90
4.3.5.2. UBICACIÓN DEL PROYECTO.....	91
4.3.5.3. INGENIERIA DEL PROYECTO.....	91
4.3.6. ESTUDIO ECONÓMICO.....	93
4.3.6.1. DETERMINACIÓN DE LOS COSTOS DEL PROYECTO.....	93
4.3.6.2. INVERSIÓN TOTAL INICIAL.....	97

4.3.6.3. CRONOGRAMA DE INVERSIONES.....	97
4.3.6.4. DEPRECIACIONES.....	98
4.3.6.5. CAPITAL DE TRABAJO.....	98
4.3.6.6. PUNTO DE EQUILIBRIO.....	99
4.3.6.7. TASA MÍNIMA ACEPTABLE DE RENDIMIENTO.....	100
4.3.6.8. FINANCIAMIENTO.....	101
4.3.6.9. EVALUACIÓN FINANCIERA.....	101
4.3.6.9.1. VALOR PRESENTE NETO.....	101
4.3.6.9.2. TASA INTERNA DE RENDIMIENTO.....	102
4.3.6.9.3. ANÁLISIS DEL RIESGO.....	103
CAPÍTULO V	
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	104
5.1. CONCLUSIONES.....	104
5.2. RECOMENDACIONES.....	107
BIBLIOGRAFÍA.....	109
Anexo “A”. Formato del cuestionario de la encuesta	110
Anexo “B” Procedimiento para Calibración de Higrómetros y Psicrómetros....	113

ÍNDICE DE CUADROS

CUADRO

1	Instrumentos de calibración de humedad.	61
2	Criterios de construcción del área de calibración.	67
3	Especificaciones eléctricas del laboratorio	68
4	Instituciones y empresas nacionales, clientes potenciales.	79
5	Número de termohigrómetros que poseen las empresas.	82
6	Proyección de la demanda	86
7	Servicios de centros metrológicos en América.	89
8	Estimación mensual de calibraciones.	90
9	Costos de mano de obra directa	93
10	Costos de insumos y materiales	95
11	Costos de Administración	95
12	Costos de Venta	96
13	Costo total del Proyecto	96
14	Inversión Inicial Total	97
15	Cronograma de Inversión	98
16	Depreciaciones	98
17	Capital de Trabajo	98
18	Punto de Equilibrio	99
19	Cálculo del Punto de Equilibrio	99
20	Cálculo de la Tasa Mínima Aceptable de Rendimiento	100
21	Inversionistas.	101
22	Valor Presente Neto	102
23	Componentes de la Tasa Interna de Rendimiento	103

ÍNDICE DE GRÁFICOS

GRÁFICO

1	Organización del CMEE	15
2	Principio de funcionamiento de los Sensores mecánicos	42
3	Empleo de sensor mecánico	43
4	Sensor mecánico.	43
5	Sensor Resistivo.	44
6	Sensor capacitivo.	45
7	Psicometría por bulbo húmedo/bulbo seco.	46
8	Sensor Capacitivo.	47
9	Sensor de sal saturada de cloruro de litio.	48
10	Sensor piezo-resonante.	49
11	Trazabilidad para instrumentos y patrones de Humedad.	53
12	Patrón Nacional de Humedad de México (CENAM)	62
13	Higrómetro Patrón.	64
14	Pantalla del Higrómetro Patrón.	64
15	Tratamiento de datos del Higrómetro Patrón.	64
16	Cámara Estabilizada de Humedad.	66
17	Interface de la Cámara de Humedad.	67
18	Distribución del laboratorio de Humedad.	71
19	Instrumentos de humedad.	83
20	Períodos de calibración	84
21	Empleo del servicio de calibración en humedad.	85
22	Punto de equilibrio.	100

INTRODUCCIÓN

En presencia del avance tecnológico y ante la inminente globalización, se han desplegado nuevas políticas empresariales con tácticas normalizadas usadas como herramientas en los procesos de producción que optimizan el empleo de los recursos y demandan la implementación de normas internacionales como la ISO 9001 y en el ámbito de laboratorios, la ISO 17025.

Actualmente las compañías se han visto exigidas a perfeccionar la calidad de sus productos, para únicamente de esta manera participar en un amplio y complejo mercado, en el cual sólo pueden perdurar aquellas que ofrezcan los mejores beneficios para los clientes.

Todas las empresas en algún momento de las etapas de su proceso productivo, emplean equipos de medición, los cuales deben proporcionar lecturas correctas, para poder garantizar la adecuada ejecución de este proceso; por esta razón, las empresas deben realizar la calibración de estos equipos y aplicar de una manera efectiva las correcciones asociadas en cada punto de calibración; para sólo de esta manera conseguir estándares de calidad internacionales.

El Centro de Metrología del Ejército Ecuatoriano (CMEE), dispone de patrones de referencia y patrones de trabajo que son indispensables para mantener la trazabilidad del laboratorio, razón fundamental para desempeñar su función eficientemente, garantizar los resultados obtenidos en las calibraciones y extender los ámbitos de desarrollo social en que el Ejército Ecuatoriano ha participado activamente.

Este proyecto se desenvolverá adquiriendo información de textos relacionados al tema y documentos de los equipos utilizados. Procedentemente se desarrollará el diseño del Laboratorio, con el propósito que sirva de guía para su implementación, en momento en el cual se disponga de los recursos económicos requeridos para el efecto.

CAPÍTULO I

EL CENTRO DE METROLOGÍA DEL EJÉRCITO ECUATORIANO.

1.1. RESEÑA HISTÓRICA DEL CMEE.

En el año de 1992, fue elaborado el proyecto para la implementación de los laboratorios de Metrología, creando un perspicaz conjunto de profesionales del Ejército Ecuatoriano que viene desarrollando este proyecto apropiadamente.

Durante el mencionado año se consiguió una asociación valiosa con el Instituto Ecuatoriano de Normalización (INEN) planteando como objetivo, capacitar al personal del CMEE, en cuestiones referentes al ámbito de las calibraciones. Asimismo en el National Institute of Standards and Technology (NIST) de los Estados Unidos, se terminó el diseño del proyecto del Laboratorio de Metrología de la Fuerza Terrestre, el mismo que fue aprobado por la Comandancia General de la Fuerza Terrestre en 1994, autorizando la compra de los equipos indispensables para la implementación de éstos.

El año de 1995, arriban los aparatos con los cuales se consolidó los laboratorios, iniciando la construcción de la infraestructura en el Fuerte Militar “Rumiñahui”, laboratorios que fueron contruidos con los parámetros técnicos requeridos para un laboratorio de estas características.

Inicialmente funcionaba como un laboratorio más del Comando de Apoyo Logístico Electrónico, fortaleciendo a Control de Calidad hasta agosto de 1998, fecha en la que, mediante Decreto Ejecutivo No. 5, publicado en el Registro Oficial No. 323-S de fecha 3 de agosto de 1998, entra en ejecución el Orgánico correspondiente al quinquenio 1998-2002, dependiendo directamente de la Dirección de Comunicaciones y Sistemas de la Fuerza Terrestre, y operando como unidad independiente, con el nombre de Centro de Metrología de la Fuerza Terrestre (CMFT).

Este centro fue básicamente creado para proveer servicios de calibración a las unidades de la Fuerza Terrestre, posteriormente amplió el servicio a las unidades

de las Fuerzas Armadas y actualmente se orienta además hacia la empresa pública y privada como contribución al desarrollo del país.

Durante los años 2009 y 2010 adopta el nombre de Centro de Metrología del Ejército Ecuatoriano y se realiza la acreditación de sus laboratorios, bajo la norma NTE INEN ISO/IEC 17025:2006, siendo reconocido por el Organismo de Acreditación Ecuatoriano (OAE) en junio del 2010, en las magnitudes de baja frecuencia, presión y termometría; y en junio del 2011, en las magnitudes de alta frecuencia y tiempo.

Una vez presentada su historia, es loable indicar que la mejor carta de promoción del Centro de Metrología del Ejército es la acreditación alcanzada y el reconocimiento de sus clientes internos y externos, al manejar estándares y normas nacionales e internacionales, que son reforzadas mediante la ética y política de calidad, alcances, objetivos y procedimientos que garantizan el servicio de calibraciones, satisfaciendo las necesidades e intereses de sus clientes.

1.2. MISIÓN DEL CMEE.

El Centro de Metrología del Ejército Ecuatoriano presta los servicios de calibración y ensayos de caracterización de equipos dentro de las magnitudes termométricas, eléctricas, tiempo y presión con infraestructura adecuada y talento humano competente para satisfacer las necesidades de organizaciones nacionales e internacionales, bajo la certificación NTE INEN ISO/IEC 17025:2006, contribuyendo al desarrollo tecnológico y al fomento de la cultura de calidad del país, mostrando una imagen militar seria y eficiente. ¹

1.3. VISIÓN DEL CMEE.

Ser el líder acreditado en los servicios de calibración de equipos dentro de las magnitudes termométricas, eléctricas y presión, bajo la norma NTE INEN ISO/IEC 17025:2006, ofreciendo excelencia a organizaciones nacionales e internacionales, con talento humano apto y comprometido. ¹

¹ Manual de Calidad del CMEE

1.4. ORGANIZACIÓN DEL CMEE.

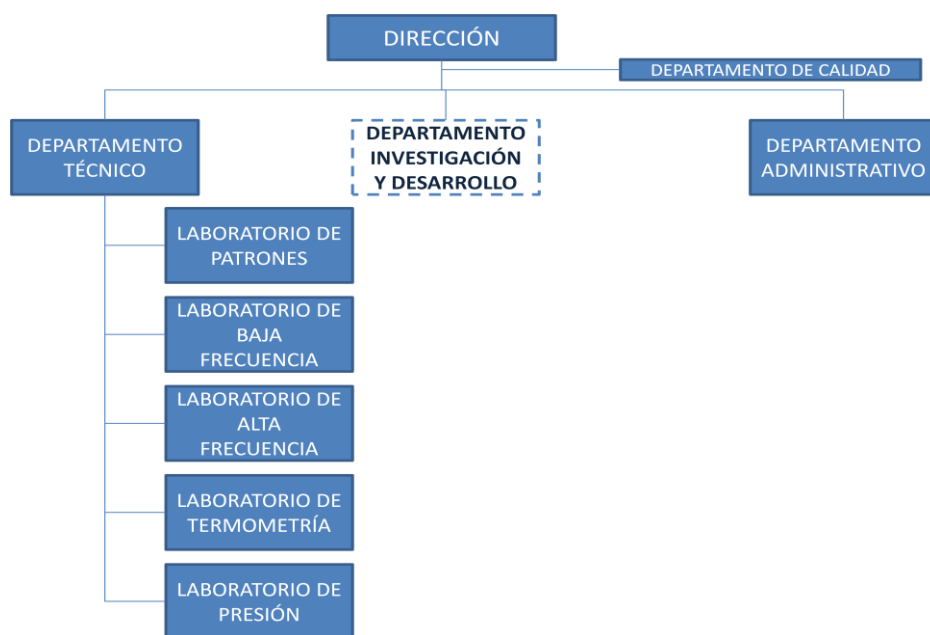


Gráfico 1. Organización del Centro de Metrología del Ejército Ecuatoriano. 1

La organización específica del CMEE define y describe los puestos, acorde al Sistema de Gestión de Calidad; la distribución de los puestos de trabajo es independiente de la estructura jerárquica militar, ambas estructuras son respetadas por todos los miembros que conforman el centro.

Los puestos vigentes de acuerdo al organigrama presentado son los siguientes:

Director del CMEE.	(DCM)
Jefe del Departamento de Gestión de la Calidad	(JDC)
Jefe del Departamento Técnico	(JDT)
Jefe del Departamento Administrativo	(JDA)
Jefe del Departamento de Investigación	(JDI)
Observador Técnico	(OBT)
Responsable Técnico	(RET)
Responsable de Marketing	(REM)
Servicio al Cliente	(SEC)

Amanuense	(AMA)
Personal de Apoyo	(PEA)
Personal en Capacitación	(PEC)
Conductor	(CON)
Mensajero	(MEN)
Responsable de recepción y entrega de Equipos	(RRE)

1.5. TERMINOLOGÍA METROLÓGICA.

A continuación se listan aquellos conceptos que facilitan la comprensión del tema: 2

ASEGURAMIENTO METROLÓGICO.- Constituyen un conjunto de procedimientos que controlan y mantienen el correcto funcionamiento de las diversas magnitudes de un sistema de producción.

ASEGURAMIENTO DE LA CALIDAD.- Son una reunión de acciones que se toman una vez que una empresa ha llegado a un nivel de calidad que requiere ser mantenido o superado.

CADENA DE TRAZABILIDAD.- Constituyen una serie de comparaciones entre diferentes patrones de medida, que permiten la transmisión de las unidades físicas a otros equipos o patrones, logrando heredar las propiedades desde un patrón fundamental o primario hasta un equipo industrial o patrón de trabajo.

CALIBRACIÓN.- Es el conjunto de actividades que tienen como objetivo establecer los errores de un instrumento de medición.

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN.- Es el documento que certifica la calibración de un instrumento de medición, realizado tomando como base patrones que poseen trazabilidad.

2 Vocabulario Internacional de Metrología JCGM 200:2008.

COMPARACIÓN.- Es el proceso para establecer la semejanza o diferencia entre dos instrumentos de medida, considerando a uno de ellos como referencia o patrón.

CONTROL DE CALIDAD.- Es la verificación del funcionamiento del proceso en un sistema productivo, para de esta manera asegurar y mejorar incesantemente la calidad de los productos que elabora.

CONTROL DE INSTRUMENTOS DE MEDICIÓN.- Es un grupo de acciones que abarcan la supervisión metrológica, la verificación o calibración y el ensayo de modelos de instrumentos de medición.

CONTROL METROLÓGICO.- Es aquel que realizan las autoridades competentes, a los métodos y medios de medición, a las condiciones en que se obtienen, expresan y utilizan los resultados conseguidos en estas mediciones.

ERROR DE MEDICIÓN.- Es la diferencia entre el valor de la magnitud medida y el resultado obtenido de la medición.

EXACTITUD DE MEDIDA.- Es la proximidad al valor verdadero de una cantidad.

HIGRÓMETRO.- Es un instrumento que se usa para medir el grado de humedad del aire, del suelo, de las plantas o humedad, dando una indicación cualitativa de la humedad ambiental.

HUMEDAD RELATIVA.- Es la humedad que contiene una masa de aire, en relación con la máxima humedad absoluta que podría admitir sin producirse condensación, conservando las mismas condiciones de temperatura y presión atmosférica.

INCERTIDUMBRE.- Es la característica de la dispersión de los resultados de la medición definida por los errores límites; es decir es la máxima diferencia entre un valor verdadero aceptado y el valor medido de una cantidad. Se expresa en unidades, porcentaje o partes por millón.

INSTRUMENTO DE MEDICIÓN.- Es un aparato o medio técnico para realizar mediciones.

LABORATORIO DE CALIBRACIÓN.- Es aquel que posee los patrones correctos para establecer los parámetros de trabajo de los instrumentos de medición.

MAGNITUD.- Es todo lo susceptible de medición y que puede ser determinado cuantitativamente y diferenciado cualitativamente.

MEDIDA.- Es una cantidad, valor o proporción que se ha producido mediante una referencia.

MESURANDO.- Es el valor de una magnitud que se encuentra en proceso de medida.

MÉTODO DE MEDICIÓN POR COMPARACIÓN.- Es aquel basado en la comparación de una magnitud con una medida o magnitud materializada o molde.

MÉTODO DE MEDICIÓN POR CONTACTO.- En éste, el sensor entra en contacto con la variable a medir.

METROLOGÍA.- Ciencia de las mediciones y sus aplicaciones.

NORMA.- Es la solución a la que se recurre para resolver un problema repetitivo y constituye una referencia de acuerdo a la cual se analizará un producto o función. Esta es el resultado de una deliberación colectiva y razonada.

NORMALIZACIÓN.- Proceso de elaboración y aplicación de normas, que constituyen herramientas de dirección y organización.

PATRÓN.- Es el instrumento de medición orientado a definir o materializar, conservar o reproducir la unidad de medida de una magnitud o sus múltiplos y submúltiplos, para transmitirla a otros instrumentos de medición.

PRECISIÓN.- Es la relación de proximidad que se tiene entre un grupo de valores medidos, independiente del valor verdadero al que se pretende llegar. Metrológicamente éste término es reemplazado por incertidumbre.

REPORTE DE CALIBRACIÓN.- Es aquel documento que indica los resultados alcanzados en la calibración de un instrumento, mismos que servirán para establecer la incertidumbre de éste. Basándose en los datos de este reporte, se ajustará o no al instrumento y se emitirá el certificado de calibración.

SISTEMA DE UNIDADES.- Es el sistema de pesas y medidas acogido internacionalmente para regir los parámetros que son susceptibles de medición.

TOLERANCIA.- Es el máximo o mínimo valor en el que se permite la variabilidad de una condición, para la medición de una variable. Se conoce también como el porcentaje de variación que puede ser aceptado como normal, para los fines especificados en un instrumento.

TRAZABILIDAD.- Es la propiedad que indica y certifica que a un patrón se le han transferido las propiedades de otro patrón de mayor magnitud, constituyéndose en una cadena de comparaciones.

UNIDAD DE MEDIDA.- Es el valor de una magnitud para la cual se admite por convención, que su peso numérico es igual a uno.

CAPÍTULO II

PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA.

2.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.

El Centro de Metrología del Ejército Ecuatoriano, requiere el estudio y diseño de un Laboratorio de Calibración de Humedad, que cumpla con la normativa internacional, en el cual se pueda realizar la calibración de equipos medidores de humedad, pertenecientes a las diferentes unidades militares en especial hospitales, y al sinnúmero de empresas del sector privado y público de nuestra nación.

El estudio de mercado en la ciudad de Quito permitirá determinar las empresas que se convertirían en potenciales clientes del CMEE en función de los instrumentos de medición que posean, y contribuirá a la determinación de la factibilidad para la implementación del laboratorio.

Una vez que se cuente con éste estudio y diseño del mencionado Laboratorio, enmarcado en la norma internacional vigente, que rige la implementación de laboratorios que garanticen su sistema de gestión y su competencia técnica, se podrá realizar su implementación al disponer de los recursos necesarios y de esta forma brindar el servicio de calibración requerido por las empresas que cuentan con esta clase de instrumentos de medición para humedad, logrando así que sus procesos productivos se encuentren cumpliendo estándares internacionales de calidad.

2.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.

Determinar el diseño y la factibilidad del Laboratorio de Humedad para Centro de Metrología del Ejército, que cumpla con la norma NTE INEN ISO/IEC 17025:2006.

2.3. SISTEMATIZACIÓN DEL PROBLEMA.

En función del planteamiento expuesto anteriormente, surgen interrogantes como:

- ¿Cuáles son las empresas que disponen de equipos medidores de humedad?
- ¿Qué cantidad de equipos en ésta magnitud, requieren calibración?
- ¿Qué tipos de equipos tienen las unidades militares y las empresas?
- ¿Cuáles son los equipos patrones necesarios para implementar el laboratorio?
- ¿Cuáles son las condiciones que debe cumplir el laboratorio de acuerdo a la norma NTE INEN ISO/IEC 17025:2006?
- ¿Cuál sería el costo para implementar un laboratorio de humedad?

2.4. DELIMITACIÓN DEL PROBLEMA.

– Delimitación Espacial.

- La investigación será realizada en la Provincia de Pichincha con énfasis en ciudad de Quito, donde se concentran la mayor cantidad de empresas.

– Delimitación Temporal.

- Año: 2011.

2.5. OBJETIVOS.

2.5.1. OBJETIVO GENERAL.

Realizar el estudio y diseño específico del laboratorio de humedad para el Centro de Metrología del Ejército Ecuatoriano, evitando incumplimientos en la Norma NTE INEN / ISO 17025:2006 y además el cumplimiento de especificaciones técnicas internacionales para laboratorios de calibración; detallando puntualmente

éstas especificaciones y también aquellas referentes al equipamiento a emplearse en el laboratorio.

2.5.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.

- Analizar la teoría y conceptos de Humedad.
- Realizar un estudio de Mercado para determinar las empresas que requieren este servicio.
- Determinar y estandarizar los procedimientos que se aplicarán en este laboratorio.
- Determinar la documentación a emplear en este laboratorio, tomando como referencia a la Norma NTE INEN ISO/IEC 17025:2006 y el manual del fabricante de los diferentes patrones considerados.
- Determinar la factibilidad para la implementación del laboratorio.

2.6. JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

Como una consecuencia del desarrollo mundial de la tecnología, es de vital importancia que las empresas dispongan de un avanzado control de calidad de sus productos a fin de brindar excelentes beneficios a sus clientes y poder evitar pérdidas que irrefutablemente afectarían su capacidad de competencia y estabilidad en el mercado.

En el mundo empresarial, existen múltiples empresas que emplean instrumental para el control de la humedad en todos sus procesos, actividad que ayuda a mantener la calidad de cada lote de producción dentro de los límites de tolerancia especificados. Los instrumentos empleados para el efecto son básicamente los higrómetros, considerablemente útiles para mantener un grado de humedad requerido específicamente, por ejemplo, en la industria textil como la humedad altera la estructura de ciertas fibras y tejidos, esto influye en la calidad del producto confeccionado, razón por la cual es muy usual verificar el empleo de sistemas de regulación de humedad en industrias de esta clase de productos. Muchos otros sectores también son afectados por la humedad, pero lamentablemente en nuestro centro metrológico no existe un laboratorio de humedad que permita la calibración de estos equipos, por lo que es necesario

realizar un estudio y diseño para la implementación del mismo, consiguiendo que el Ejército Ecuatoriano continúe apoyando al desarrollo del país.

Es de fundamental importancia desarrollar este proyecto para verificar la factibilidad de implementación del laboratorio, en beneficio de las empresas particulares y de la institución militar, que dispondrán de un laboratorio para la calibración de esta clase de equipos que controlan una magnitud tan influyente e importante como es la humedad.

Este trabajo constituirá una base completa para la implementación del laboratorio pues contendrá todos los elementos necesarios para ello.

El laboratorio de Humedad, contará con procedimientos adecuados, que le permitirán a todo su personal técnico, conocer a fondo las actividades que van a desempeñar en sus funciones profesionales, a fin de garantizar los resultados de las mediciones realizadas a los diferentes instrumentos, en los laboratorios de este importante centro metrológico; el cual presta sus servicios de calibración, a la industria en general y también a las unidades militares y centros de mantenimiento de las Fuerzas Armadas Ecuatorianas, apoyando a que las operaciones militares, adquieran un alto nivel de éxito y profesionalismo.

CAPÍTULO III

LA NORMA NTE INEN ISO/IEC 17025:2006

3.1. DESCRIPCIÓN DE LA ISO E IEC.

La norma NTE INEN ISO/IEC 17025 denominada “Requisitos generales para la competencia de los laboratorios de ensayo y de calibración”, es una norma técnica ecuatoriana, emitida por el Instituto Ecuatoriano de Normalización, fundamentada en la norma internacional ISO/IEC 17025, expedida por la Organización Internacional de Normalización (ISO) y la Comisión Electrotécnica Internacional (IEC); norma mediante la cual se exige a los laboratorios de ensayo y calibración, la observancia de parámetros específicos, en el ámbito de gestión además del ámbito técnico, los cuales deben ser ejecutados en forma eficiente a fin de contar con estándares internacionales de calidad.³

La norma presenta de manera puntual todos los requisitos que deben cumplir los laboratorios de ensayo y de calibración, para demostrar que tienen un sistema de gestión, son técnicamente competentes y preparados para emitir resultados técnicamente válidos, a favor de los usuarios del servicio. Este análisis de la norma se encuentra dirigido hacia calibraciones, que es el objetivo del Centro de Metrología del Ejército Ecuatoriano.

La norma internacional ISO/IEC 17025 contiene todos los requisitos de la Norma ISO 9001:2000 que son adecuados al alcance de los servicios de calibración realizados por el sistema de gestión del laboratorio. Por ésta razón los laboratorios de calibración que practican eficazmente la Norma Internacional ISO/IEC 17025, trabajarán también acorde a la Norma ISO 9001:2000, pero es fundamental indicar que además abarca requisitos para la competencia técnica, no considerados por la Norma ISO 9001:2000.

Sus requisitos inherentes a la gestión, son congruentes a los de la Norma Internacional ISO 9001:2000, y entre los más importantes se encuentran los siguientes:

³ NTE INEN ISO/IEC 17025

- Organización.
- Sistema de gestión.
- Control de los documentos.
- Revisión de los pedidos, ofertas y contratos.
- Subcontratación de calibraciones.
- Compras de servicios y suministros.
- Servicios al cliente.
- Quejas.
- Control de trabajos de calibraciones no conformes.
- Mejora.
- Acciones preventivas.
- Acciones correctivas.
- Control de los registros.
- Revisiones realizadas por la dirección.

Los requisitos técnicos son presentados asumiendo aspectos relevantes en este ámbito para determinar la exactitud y confiabilidad de las calibraciones, éstos son los que a continuación se detallan:

- Personal.
- Instalaciones y condiciones ambientales.
- Métodos de calibración y validación de los métodos.
- Equipos.
- Trazabilidad de las mediciones.
- Manipulación de las unidades de calibración.
- Aseguramiento de la calidad de los resultados.
- Informe de los resultados.

Es necesario recalcar el contenido de la norma que indica que, las instalaciones del laboratorio reservadas a calibraciones, incluidas fuentes de energía, iluminación y condiciones ambientales, deben coadyuvar a la ejecución adecuada de éstas; percibiéndose que las condiciones ambientales no anulen los resultados ni afecten la calidad demandada de las mediciones, debiendo tomar precauciones

especiales cuando las calibraciones se efectúen en lugares distintos a las instalaciones permanentes del laboratorio. Deben estar plenamente argumentados, controlados y registrados los requisitos técnicos para las instalaciones y condiciones ambientales que podrían influir en los resultados de las calibraciones, así por ejemplo, la temperatura, humedad, iluminación, ruido, interferencia electromagnética, etc.; y cuando éstos comprometan los resultados se deben detener las calibraciones.

Cumpliendo los requisitos de la norma, se ha planteado el estudio para el nuevo laboratorio de humedad, en el cual se realizarán calibraciones a instrumentos medidores de ésta magnitud.

3.2. OBJETO Y CAMPO DE APLICACIÓN.

El Instituto Ecuatoriano de Normalización, que es el facultado para emitir las normas y reglamentación con el fin de lograr la estandarización en el país. Este organismo analizó y adoptó para el Ecuador la Norma Internacional ISO/IEC 17025, a la cual únicamente le asignó el código NTE INEN ISO/IEC 17025:2006, conservando intacto su contenido, razón por la cual el autor de éste trabajo, hace mención a la una como a la otra indistintamente.

La Norma Internacional ISO/IEC 17025 implanta los requisitos generales para la competencia en la realización de calibraciones, que se ejecutan mediante métodos normalizados, métodos no normalizados y métodos desarrollados por el mismo laboratorio.

La Norma se puede aplicar a las entidades que efectúan calibraciones, pudiendo ser, laboratorios de primera, segunda y tercera parte y laboratorios donde las calibraciones componen la inspección y certificación de productos.

La Norma es aplicable a todos los laboratorios, sin interesar el número de integrantes que disponga o extensión del alcance de las acciones de calibración.

En su contenido, la norma muestra notas que apoyan como aclaraciones al mismo, ejemplos y orientación; pero no contienen requisitos, ni forman parte integral de esta Norma Internacional, que es empleada cuando los laboratorios implantan sus sistemas de gestión en actividades concernientes a calidad, administrativas y técnicas. También puede ser empleada por clientes del

laboratorio, autoridades reglamentarias y organismos de acreditación cuando confirman la competencia de los laboratorios. Se debe tener cuidado, pues no está consignada a ser usada como base para la certificación de laboratorios.

Los laboratorios que cumplan los requisitos de esta Norma Internacional, se conducirán siguiendo un sistema de gestión de la calidad para sus actividades de calibración que también satisface los principios de la Norma ISO 9001:2000.

En conclusión es necesario indicar que la Norma Internacional ISO/IEC 17025 observa requisitos para la competencia técnica que no son tomados en cuenta por la Norma ISO 9001:2000.

3.3. REFERENCIAS NORMATIVAS.

La Norma Internacional ISO/IEC 17025 usa como documentos de referencia los siguientes y son ineludibles para el empleo de esta norma.

ISO/IEC 17000, Evaluación de la conformidad – Vocabulario y principios generales.

VIM, Vocabulario internacional de términos fundamentales y generales de metrología, publicado por el Buró Internacional de Pesos y Medidas.

3.4. TÉRMINOS Y DEFINICIONES.

La Norma Internacional ISO/IEC 17025 emplea los términos y definiciones pertinentes a la Norma ISO/IEC 17000 y al VIM. La Norma ISO 9001 instituye las definiciones generales relativas a la calidad, mientras que la Norma ISO/IEC 17000 promulga definiciones inherentes específicamente a la certificación y la acreditación.

3.5. REQUISITOS RELATIVOS A LA GESTIÓN.

Como se ha manifestado insistentemente, los requisitos relativos a la gestión son basados en la Norma Internacional ISO 9001:2000, siendo los principales aspectos los siguientes:

- Organización.
- Sistema de gestión.

- Control de los documentos.
- Revisión de los pedidos, ofertas y contratos.
- Subcontratación de calibraciones.
- Compras de servicios y suministros.
- Servicios al cliente.
- Quejas.
- Control de trabajos de calibraciones no conformes.
- Mejora.
- Acciones preventivas.
- Acciones correctivas.
- Control de los registros.
- Revisiones realizadas por la dirección.

Para la organización se dan requisitos que deben ser cumplidos y evidenciados por los laboratorios, como son tener responsabilidad legal; englobar el trabajo realizado en las instalaciones permanentes del laboratorio y fuera de ellas; la obligación de cumplir sus actividades de calibración ejecutando los requisitos de esta Norma Internacional y satisfaciendo las necesidades de los clientes, autoridades u organizaciones que otorgan el reconocimiento; y determinar responsabilidades del personal clave que interviene en las actividades de calibración a fin de localizar conflictos de intereses.

Para evidenciar estas actividades, el laboratorio debe establecer su organización; su estructura de gestión y las relaciones entre la gestión de la calidad, las operaciones técnicas y los servicios de apoyo; adoptar políticas y procedimientos para imposibilitar la intervención de su personal en acciones que puedan menoscabar la confianza en su capacidad, probidad, juicio o integridad operativa; disponer de personal directivo y técnico autónomo de otro encargo, con acceso a autoridad y recursos para desempeñar sus funciones, incluida la ejecución, sostenimiento y fortalecimiento del sistema de gestión; describir la responsabilidad, autoridad e interrelación del personal que regenta; cumplir y comprobar el trabajo que afecta en la calidad de las calibraciones; dar correcta supervisión al personal facultado para calibraciones; mantener un responsable de

la calidad para verificar que el sistema de gestión relativo a la calidad será efectuado y respetado siempre; crear procesos de comunicación apropiados dentro del laboratorio; y también tener una dirección técnica con responsabilidad total en su área; estos elementos avalarán que el laboratorio tenga una organización eficiente.

En el ámbito del Sistema de gestión, el laboratorio debe instaurar, efectuar y robustecerlo acorde a sus actividades, desarrollando estrategias, técnicas, esquemas, procedimientos e instrucciones para asegurar la calidad de los resultados obtenidos en las calibraciones, por tanto la documentación concerniente al sistema debe ser conocida por todo el personal involucrado, misma que debe ser asimilada y desarrollada por éste, y además estar disponible perennemente.

El manual de la calidad del laboratorio contendrá objetivos claramente determinados y revisados; los procedimientos técnicos y de apoyo; la estructura de la documentación; las funciones y responsabilidades de las direcciones; las políticas del sistema de gestión, incluso una política de la calidad emitida por la alta dirección, que evidencie la buena práctica profesional, la calidad de servicios ofrecida a sus clientes, una declaración respecto al tipo de servicio, la intención del sistema de gestión referente a la calidad, el compromiso del personal para conocer la documentación de la calidad y ejecución de las políticas y los procedimientos en su trabajo, finalmente el deber de la dirección de cumplir esta Norma Internacional y perfeccionar continuamente la eficacia del sistema de gestión.

Con todas estas acciones, la alta dirección se asegura de conservar la integridad del sistema de gestión del laboratorio.

En lo referente al Control de los documentos, el laboratorio debe realizar y conservar procedimientos para el control de todos los documentos que forman parte de su sistema de gestión.

Para la aprobación y emisión de los documentos, el laboratorio debe revisar y aprobar los documentos del sistema de gestión, distribuirlos al personal,

conservando una lista maestra para control de la documentación; para de ésta manera, evitar el empleo de documentos no autorizados o fuera de uso, examinar y actualizar periódicamente la documentación, mantener ediciones autorizadas de los documentos apropiados donde se efectúan operaciones esenciales para el desempeño eficaz del laboratorio. Los cambios a los documentos deben ser revisados y aprobados apropiadamente y las reformas deben ser visiblemente identificadas, firmadas y fechadas.

Para que el laboratorio realice una eficaz revisión de los pedidos, ofertas y contratos, es indispensable elaborar y preservar políticas y procedimientos que ayuden a cumplir estas actividades apremiando un contrato que asegure que los requisitos y métodos a emplear, están debidamente establecidos, documentados y comprendidos, que la organización tiene el aforo y recursos para desarrollar estos requisitos, y que se elige el método de calibración apropiado, que satisfaga las necesidades de los clientes. Un contrato aceptable tanto para el laboratorio como para el cliente, se logra cuando cualquier discrepancia entre el pedido u oferta y el contrato debe ser resuelta antes del inicio del trabajo.

Para el caso de subcontratación de calibraciones por parte del laboratorio, éste deberá confiar el trabajo a un subcontratista competente, que cumple esta Norma Internacional informando por escrito al cliente, obteniendo su aprobación, de preferencia por escrito. Es decir, el laboratorio es responsable ante el cliente del trabajo realizado por el subcontratista.

En compras de servicios y suministros, el laboratorio tendrá una política y procedimientos para la selección, adquisición, recepción y almacenamiento de servicios o suministros que emplea y que pueden afectar la calidad de sus calibraciones. Es importante la verificación previa de todos estos suministros, produciendo los registros correspondientes, para cerciorarse que cumplen especificaciones normalizadas. Se conservará un registro actual de evaluación y aprobación de proveedores.

Un tema sumamente controversial y esencial lo constituye el servicio al cliente, que debe ser cimentado en la cooperación y comunicación absoluta con éste,

persiguiendo persistentemente su satisfacción en el servicio alcanzado, suministrándole confidencialidad, atención personalizada y soporte permanente, además de conseguir información útil que permita mejorar el servicio.

Para el tratamiento de quejas, el laboratorio debe instaurar una política y procedimiento para la resolverlas, guardando los registros aptos de éstas y también de las pesquisas y acciones correctivas realizadas.

A fin de conservar el control de trabajos de calibraciones no conformes, el laboratorio tendrá una política y procedimientos que se deben hacer cuando cualquier campo de su trabajo de calibración, incluyendo su resultado, no son conformes con sus procedimientos o con los requerimientos del cliente. Debiendo garantizar que se fijen las responsabilidades y las autoridades para la gestión del trabajo no conforme, definiendo y tomando las acciones acertadas para su evaluación, prevención y/o corrección inmediata.

La mejora continua de la eficacia de su sistema de gestión, debe ser verificada por medio del empleo de la política y objetivos de la calidad, resultados de las auditorías, la revisión por parte de la dirección, estudio de datos, acciones preventivas y acciones correctivas.

Las Acciones preventivas deben ser consideradas en un laboratorio, mediante la identificación de las mejoras imperiosas y las virtuales fuentes de no conformidades. La acción preventiva es un proceso proactivo orientado a identificar oportunidades de mejora, más que una reacción destinada a identificar problemas o quejas. El procedimiento para las acciones preventivas debe contener la aplicación de controles con el propósito de asegurar su eficacia.

Las acciones correctivas estarán amparadas en una política y un procedimiento para su implementación, al identificar un trabajo no conforme o despegos de las políticas y procedimientos del sistema de gestión o de las actividades técnicas, debiendo ser designados integrantes autorizados para efectuarlas.

El procedimiento de acciones correctivas iniciará con una averiguación muy importante y minuciosa con el fin de establecer la causa raíz del problema que puede incluir partes delicadas del laboratorio.

Una vez conseguida ésta, si es necesario se debe identificar, optar, documentar y ejecutar las acciones correctivas viables correspondientes a la dimensión del problema y sus consecuencias, y que tengan la mayor posibilidad de solución, previniendo que nuevamente se produzcan.

La validez de las acciones correctivas realizadas se podrá confirmar mediante el seguimiento de los resultados obtenidos y gracias a auditorías adicionales que sigan la consumación de las acciones correctivas para corroborar su eficacia.

En el control de los registros, el laboratorio debe establecer y conservar procedimientos para la identificación, codificación, recopilación, archivo, acceso, almacenamiento, mantenimiento, confidencialidad, soporte y disposición de los registros técnicos y de calidad; ya que son documentos que evidencian si se logra la calidad o los parámetros especificados en los procesos. Los registros de calidad deberán contemplar informes de auditorías internas, registros de las acciones preventivas y correctivas y además revisiones por la dirección. Los registros técnicos como de las observaciones originales, de calibración, del personal, informe o certificado de calibración deben ser conservados por un período establecido y contener suficiente información para permitir, la identificación de los factores que contribuyen a la incertidumbre y facilitar que la calibración sea repetida bajo circunstancias muy similares a las iniciales.

Cada error en los registros debe ser tachado, no ser borrado, hecho ilegible, ni eliminado, y el valor correcto deberá ser escrito al margen. Estas enmiendas a los registros deben tener la firma o sumilla de la persona que las realiza.

Un aspecto fundamental que debe tomar en cuenta el laboratorio para verificar que sus actividades continúan cumpliendo los requisitos del sistema de gestión y de la Norma Internacional, son las auditorías internas, las cuales se deben ejecutarse periódicamente conforme a un procedimiento y calendario establecidos con la debida anterioridad. El programa de auditoría interna debe ser planificado y organizado por el responsable de la calidad que considerará todos los componentes del sistema de gestión, incluyendo las actividades de calibración;

auditorías que serán efectuadas por personal formado y calificado, y de preferencia independiente de aquella actividad a ser controlada.

Es necesario registrar el sector de actividad que ha sido auditado, los hallazgos encontrados y las acciones correctivas que resulten. Aquellas actividades de la auditoría de seguimiento deberán verificar y registrar la ejecución y eficacia de las acciones correctivas adoptadas.

En definitiva en el ámbito de la gestión, la alta dirección del laboratorio debe efectuar periódicamente revisiones del sistema de gestión y de las actividades de calibración del laboratorio. Se deben registrar los hallazgos de las revisiones por la dirección y las acciones que broten de ellos, pues la dirección deberá advertir que estas se realicen en un plazo favorable y acordado previamente.

3.6. REQUISITOS TÉCNICOS.

De idéntica manera que los requisitos de gestión, los requisitos técnicos son desarrollados anexando aspectos trascendentes en este campo que determinan la exactitud y confiabilidad de las calibraciones, los cuales se presentan:

- Personal.
- Instalaciones y condiciones ambientales.
- Métodos de calibración y validación de los métodos.
- Equipos.
- Trazabilidad de las mediciones.
- Manipulación de las unidades de calibración.
- Aseguramiento de la calidad de los resultados.
- Informe de los resultados.

Todos estos campos deberán ser analizados al momento de desarrollar los métodos y procedimientos de calibración, en la formación y la calificación del personal, y principalmente en la selección y la calibración de los equipos.

En lo que se refiere al personal, la dirección del laboratorio debe legitimar la competencia de todos aquellos que operan equipos específicos, realizan calibraciones, valoran los resultados y legalizan los reportes y certificados de calibración. Este personal deberá estar calificado considerando su educación, formación, experiencia apropiada y habilidades demostradas, de acuerdo a la actividad, y formularse objetivos a conseguir en todos estos campos; debiendo disponer de una política y procedimiento para delimitar las necesidades de formación del personal, para proporcionarla y evaluarla orientando las actividades presentes y futuras del laboratorio.

Es vital conservar actualizados los perfiles de los puestos de trabajo del personal directivo, técnico y de apoyo clave implicado en las calibraciones; y disponer de un registro de autorizaciones específicas para efectuar tipos exclusivos de calibraciones, emitir reportes y certificados de calibración, expresar opiniones o comentarios y para operar tipos particulares de equipos dentro o fuera del laboratorio.

Las instalaciones del laboratorio predestinadas a calibraciones, incluidas fuentes de energía, iluminación y condiciones ambientales, deben facilitar la ejecución correcta de calibraciones; percatándose que las condiciones ambientales no anulen los resultados ni perjudiquen la calidad exigida de las mediciones, debiendo tomar cautelas especiales cuando las calibraciones se efectúen en lugares diferentes a las instalaciones permanentes del laboratorio. Deben estar absolutamente argumentados, controlados y registrados los requisitos técnicos para las instalaciones y condiciones ambientales que podrían influir en los resultados de las calibraciones; y cuando éstos comprometan los resultados se deben interrumpir las calibraciones.

En cuanto a los métodos de calibración y validación de éstos, el laboratorio debe ejecutar métodos y procedimientos apropiados para todas las calibraciones dentro de su alcance, incluyendo manipulación, transporte, almacenamiento y preparación de las unidades a calibrar y, cuando sea requerida, una estimación de la incertidumbre de la medición o aplicación de técnicas estadísticas para el análisis de los datos de las calibraciones.

El laboratorio deberá tener instrucciones o procedimientos para el empleo y funcionamiento de todo el equipamiento pertinente, y para la manipulación y la preparación de unidades a calibrar. Estos procedimientos y datos de referencia correspondientes al trabajo del laboratorio deben conservarse actualizados y estar disponibles para el personal siempre.

El laboratorio debe emplear métodos de calibración, que satisfagan las necesidades del cliente y que sean propios para estas actividades, manejando de preferencia los publicados como normas nacionales o internacionales vigentes o también métodos realizados o adoptados por personal competente del laboratorio si son apropiados para el uso requerido y luego de ser validados.

Si el laboratorio procura desarrollar métodos de calibración nuevos debe elaborar procedimientos donde detalle la manera de hacerlo y establezca el contenido mínimo que será una identificación apropiada, el alcance, la descripción del tipo de unidad a calibrar, las magnitudes y rangos a ser determinados, los aparatos y equipos a emplear, los patrones de referencia, las condiciones ambientales demandadas, la descripción del procedimiento, incluida la colocación de las marcas de identificación, manipulación, transporte, almacenamiento y preparación de las unidades, verificaciones previas al trabajo, el método de registro de las observaciones y resultados, medidas de seguridad, criterios para aprobación o rechazo, datos a ser registrados y el método de análisis y de presentación, y el procedimiento para estimar la incertidumbre.

Para la validación de los métodos, el laboratorio debe disponer del procedimiento para validar, todos los métodos normalizados utilizados fuera del alcance establecido, los métodos no normalizados y los métodos desarrollados por su personal; es decir ratificar generosamente a través del análisis, contribución de evidencias prácticas y registro correspondiente, la observancia de obligaciones particulares para un uso específico previsto, con la finalidad de confirmar que éstos métodos son idóneos para el fin previsto.

Las técnicas utilizadas para determinar el desempeño de un método son entre otras la calibración manipulando patrones de referencia, la comparación con

resultados obtenidos con otros métodos, las comparaciones entre laboratorios, la evaluación sistemática de factores que afectan el resultado y la estimación de la incertidumbre de los resultados.⁴

Un punto primordial en el ámbito de las calibraciones, lo constituye la estimación de la incertidumbre de la medición, el laboratorio de calibración debe tener y aplicar un procedimiento para el efecto, en algunos casos puede incluir un cálculo riguroso, metrológicamente y estadísticamente válido o por lo menos, tratar de determinar todos los componentes de la incertidumbre y hacer una estimación sensata, debiendo asegurarse que la manera de informar este resultado no induzca una impresión equivocada de la incertidumbre.

El laboratorio deberá estar dotado de todos los equipos para la medición, necesarios para la mejor realización de las calibraciones, obteniendo la exactitud anhelada y cumpliendo las especificaciones pertinentes para las calibraciones. Se debe determinar programas de calibración para las magnitudes esenciales de los instrumentos cuando sus propiedades afecten los resultados, con el fin de comprobar las exigencias especificadas del laboratorio y especificaciones normalizadas correspondientes.

Los equipos deben ser operados por personal capacitado, debiendo mantener los procedimientos de operación actualizados y disponibles para ser utilizados por el personal del laboratorio, incluyendo conjuntamente cualquier manual proveído por el fabricante del equipo.

Los registros de los equipos deben contener como mínimo la identificación del equipo y su software, el nombre del fabricante, la identificación del modelo, el número de serie, fecha de última calibración, las verificaciones de la conformidad del equipo con la especificación, la ubicación actual, las instrucciones del fabricante, las copias de los certificados de todas las calibraciones, ajustes realizados, criterios de aceptación de las calibraciones, y también un plan de mantenimiento y calibración.

⁴ Instrumentación Electrónica Moderna y Técnicas de medición

La trazabilidad de las mediciones es otro aspecto fundamental en metrología, y por tanto el laboratorio debe instaurar un programa y un procedimiento para la calibración de sus equipos que incluya un sistema para escoger, emplear, calibrar, comprobar, fiscalizar y conservar los patrones de medición utilizados en las calibraciones; las mediciones hechas deberán ser trazables al Sistema Internacional de Unidades (SI) mediante una sucesión continua de calibraciones que los vinculen a los patrones primarios de las unidades de medida del SI.

Esta trazabilidad a las unidades de medida del SI, se puede alcanzar mediante referencia a un patrón primario apropiado o mediante referencia a una constante natural, cuyo valor en términos de la unidad SI pertinente, es conocido y recomendado por el Comité Internacional de Pesas y Medidas (CIPM) y la Conferencia General de Pesas y Medidas (CGPM).

Con el fin de tener una adecuada manipulación de los ítems de calibración el laboratorio dispondrá de procedimientos para recepción, identificación, transporte, manejo, protección, acopio y mantenimiento de las unidades bajo prueba de calibración, para garantizar los intereses del laboratorio y del cliente principalmente.

Para el aseguramiento de la calidad de los resultados de calibración, el laboratorio debe tener procedimientos de inspección de la calidad y poder realizar el seguimiento planificado y revisado de la validez de las calibraciones efectuadas, cuyos datos resultantes se deben registrar para emplear técnicas estadísticas de revisión y detectar sus tendencias. Las herramientas practicadas para el efecto serán entre otras, las comparaciones entre laboratorios, la repetición de las calibraciones con el mismo o diferente método, y los datos obtenidos del control de la calidad deben ser analizados y, si no cumplen los criterios establecidos, se deben realizar las acciones convenientes para prevenir y corregir la inconformidad.

Los resultados de calibraciones realizadas por el laboratorio, deben ser informados de manera clara, objetiva y exacta, conforme a sus métodos de calibración; comúnmente mediante un certificado de calibración que tendrá como

mínimo un título, el nombre y dirección del laboratorio, el sitio donde se realizó la calibración, una identificación única, el nombre y la dirección del cliente, la identificación del método utilizado, una descripción completa de la unidad sujeta a calibración, fecha de realización de la calibración, patrones empleados, los resultados de las calibraciones con sus unidades de medida, estimación de incertidumbre, y la legalización por parte de las personas que realizaron, analizaron y aprobaron la calibración.

CAPÍTULO IV

PROPUESTA DEL LABORATORIO DE HUMEDAD.

4.1. PRINCIPIOS DE HUMEDAD.

En el presente apartado se presentan conceptos y teoría exclusivamente sobre humedad, para mediante este conocimiento poder entender ampliamente el proyecto desarrollado y la manera que la humedad afecta en los procesos industriales.

4.1.1. DEFINICIONES DE HUMEDAD.

Las siguientes definiciones son lo suficientemente claras y precisas a fin de que en lector conozca sobre humedad.

Carta Psicrométrica. Matriz que ayuda a establecer la humedad al disponer de la temperatura inicial de un gas más conocida como temperatura del bulbo seco y además la temperatura después de la saturación o temperatura del bulbo húmedo, pero una vez corregida por presión atmosférica.

Depresión del Bulbo Húmedo. Es la diferencia entre la temperatura del bulbo húmedo y temperatura del bulbo seco.

Higrometría. Proviene de las raíces griegas, Hydor que significa agua, Hygros que significa humedad y Psychros que significa frío. Concretamente es la rama de la ciencia referida con la medición de la cantidad de agua que se encuentra presente en un gas, un líquido o un sólido.

Higrómetro. Equipo para medir la humedad relativa.

Higróstato. Equipo que conserva invariable el estado higrométrico del aire.

Higrotermómetro. Equipo para medir la temperatura ambiental y la humedad relativa.

Humedad. Variable física definida como la cantidad de agua disuelta en un gas o absorbida en un sólido.

Humedad Absoluta. Masa de vapor de agua por unidad de volumen de gas húmedo (g/m³).

Humedad ambiental. Cantidad de vapor de agua presente en el aire.

Humedad Específica. Masa de vapor de agua por unidad de masa de gas húmedo (g/kg).

Humedad Relativa. Es la humedad que contiene una masa de aire, en relación con la máxima humedad absoluta que lograría admitir sin producirse condensación, guardando iguales condiciones de presión atmosférica y temperatura. Es la manera más común para expresar la humedad ambiental y se lo hace en porcentaje (%).

$$RH = \frac{P_{(H_2O)}}{P_{(H_2O)}^*} \times 100\%$$

Donde:

$P_{(H_2O)}$ es la presión parcial de vapor de agua en la mezcla de aire.

$P_{(H_2O)}^*$ es la presión de saturación de vapor de agua a la temperatura en la mezcla de aire.

RH es la humedad relativa de la mezcla de aire considerada.

Material Higroscópico. Material que absorbe o retiene vapores de agua.

Presión de Saturación de Vapor de Agua. Máxima presión parcial que puede ejecutar el vapor de agua a una temperatura específica. En condiciones ideales ésta varía únicamente con la temperatura.

Psicrómetro. Instrumento empleado para la medición de humedad basado en propiedades termodinámicas y realiza mediciones dobles con un termómetro seco y un termómetro húmedo, cuya diferencia corregida para presión atmosférica, permite conocer el grado de humedad.

Razón de Masas. Masa de vapor de agua por unidad de masa de gas seco.

Solución de Sal Saturada. Compuesta por una mezcla de agua destilada y sal químicamente pura.

Temperatura de Punto de Escarcha. Temperatura a la cual el vapor de agua presente consigue su valor máximo o su condición de presión de saturación de vapor de agua con respecto al equilibrio con una superficie plana de hielo, o la temperatura a la cual la mezcla aire-vapor de agua debe enfriarse isobáricamente

para inducir escarcha o hielo asumiendo que previamente no se presenta una condensación.

Temperatura de Punto de Rocío. Temperatura a la cual el vapor de agua presente alcanza su valor máximo o su condición de presión de saturación de vapor de agua con respecto al equilibrio con una superficie plana de agua, o la temperatura a la cual la mezcla aire-vapor de agua debe enfriarse isobáricamente para provocar condensación.

Temperatura del Bulbo Húmedo. Temperatura de un espacio dado, indicada por un termómetro cubierto con un forro de algodón y sobre el cual se hace circular aire.

Temperatura del Bulbo Seco. Temperatura de un gas en reposo, o lo que es igual, temperatura medida con instrumentación ordinaria excluyendo efectos de radiación.

4.1.2. SENSORES DE HUMEDAD.

De acuerdo a la Guía Técnica de Metrólogos Asociados de México existen en el mercado gran variedad de instrumentos que son utilizados para la medición de humedad, desde los higrómetros, higrótermómetros, meteorómetros, así como también diferentes métodos que van desde primarios hasta secundarios incluyendo a los basados en métodos fundamentales. Estos instrumentos de medición pueden partir de diferentes técnicas para obtención de la humedad relativa, ya sea por comparación, por cálculos, por tablas, etc. Y dentro de los principales parámetros a considerarse para éstos equipos, se encuentran la exactitud, repetibilidad, tiempo de respuesta, el costo y la efectividad resistencia a contaminantes y ambientes extremos.

Con ésta investigación, se realizará el diseño de un laboratorio cuya capacidad de medición venga dada por un Higrómetro digital en un rango de 0 a 100 %HR y se pueda brindar el servicio de calibración de higrómetros digitales, tipo resistivo o capacitivo; y calibración de higrómetros e higrótermómetros ordinarios analógicos y digitales.

Existen muchas aplicaciones que persiguen el objetivo de medición de la humedad, las cuales se encuentran fundamentalmente basadas en sensores que pueden ser de las siguientes clases: 5

- Sensores Mecánicos.
- Sensores Resistivos.
- Sensores por condensación.
- Psicrómetros.
- Sensores Capacitivos.
- Sensor de sal saturada de cloruro de litio.
- Sensor electrolítico.
- Sensor Piezo-resonante.

Sensores Mecánicos. Estos sensores basan su funcionamiento en los cambios de las dimensiones que presentan algunos materiales al ser expuestos a la humedad, pudiendo manifestarse por absorción o deformación.

Entre estos materiales los más afectados son varias fibras orgánicas como son el cabello humano, el pelo animal, la madera y el papel, además de fibras sintéticas como el nylon. Una vez que aumenta la humedad relativa, las fibras aumentan su tamaño, y por tanto se alargan; deformación que debe ser amplificada empleando palancas mecánicas o circuitos electrónicos, y luego debe ser graduada considerando la proporcionalidad con la humedad relativa.

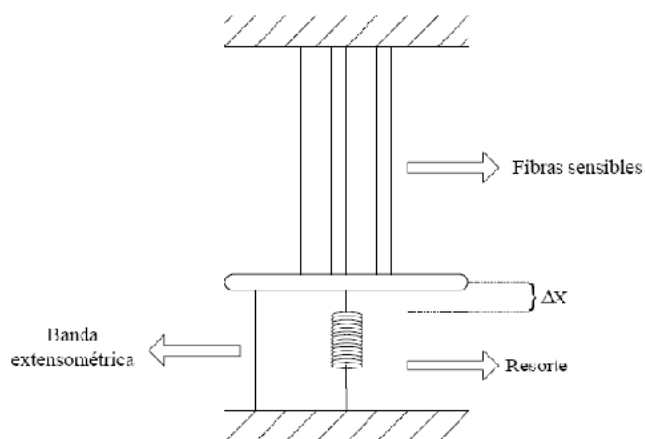


Gráfico 2. Principio de funcionamiento de los Sensores mecánicos



Gráfico 3. Empleo de sensor mecánico

Este sistema de sensores es poco robusto y no es muy empleado en aplicaciones industriales, su ventaja se establece en que es fácil de reproducir y en que el error de medición se especifica en 3 %HR, en un rango de operación 15 a 95 %HR, a una temperatura ambiente entre los -20 y 70 °C. Para lograr una medición más confiable requiere que el aire circule a una velocidad de 3 m/s a través del sensor de deformación, formado por una tira de madera, papel o plástico enrollada en forma espiral o helicoidal sobre una tira metálica.

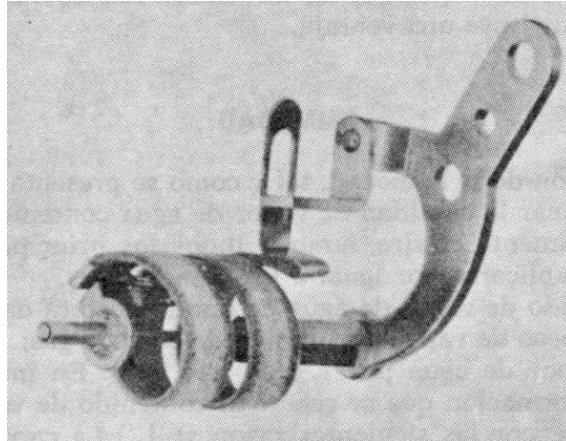


Gráfico 4. Sensor mecánico.

Sensores Resistivos. Estos sensores de bloque de polímero resistivo están compuestos de un sustrato cerámico aislante sobre el cual se coloca una rejilla de electrodos, que son cubiertos con una sal sensible a la humedad embebida en una resina (polímero). Esta resina se recubre con una capa protectora permeable al vapor de agua. Mientras que la humedad se filtra por la capa de protección, el

polímero se ioniza y los iones se mueven en el interior de la resina. Una vez que los electrodos son excitados por una corriente, altera la impedancia del sensor, se mide y se usa para calcular el porcentaje de humedad relativa.

Estos sensores son relativamente inmunes a la contaminación superficial por su estructura misma, ya que no afecta su exactitud, no obstante si el tiempo de respuesta.

Este tipo de sensores es apropiado para los intervalos altos de humedad considerando los valores extremadamente altos de resistencia a niveles de humedad menores del 20 %HR.

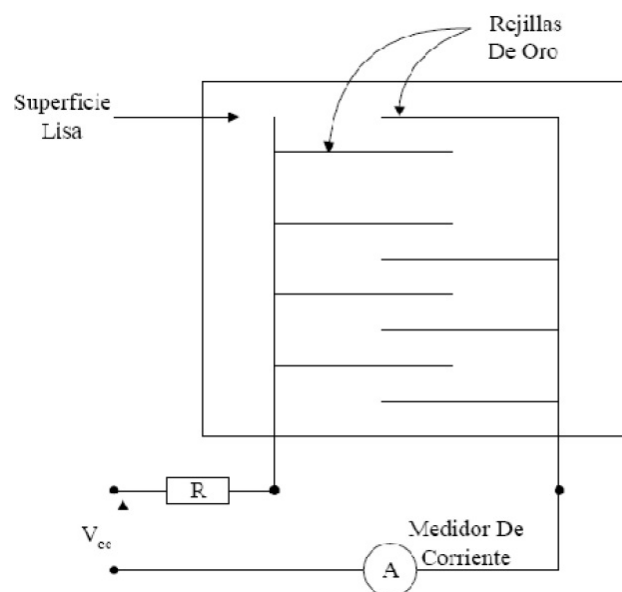


Gráfico 5. Sensor Resistivo.

Sensores por condensación. La temperatura del punto de rocío es una variable que permite encontrar la humedad relativa, con la finalidad de lograr esta medición se emplea un dispositivo llamado higrómetro óptico de espejo frío, en cual funciona de la siguiente manera:

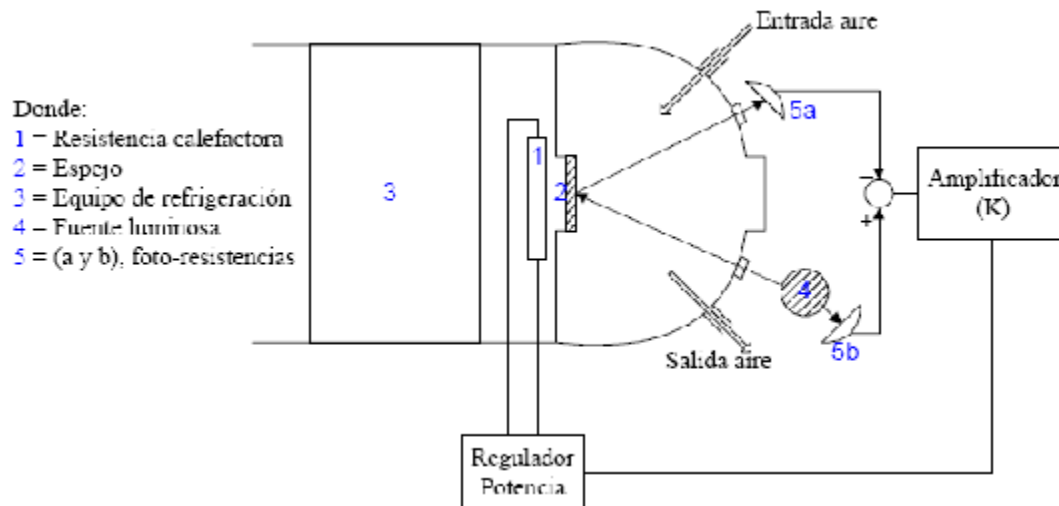


Gráfico 6. Sensor capacitivo.

Inicialmente se hace correr la mezcla gaseosa por una cámara equipada en su interior de un espejo (2), el cual consigue ser enfriado o calentado por un equipo de refrigeración (3) o un calefactor (1), para que el vapor se condense en el espejo o el agua se evapore de él. También se dispone de una fuente luminosa (4) que incide sobre el espejo, el cual refleja el haz hacia una foto-resistencia (5a). La luz también incide en una segunda foto-resistencia (5b) en forma directa. Al hacer esto se tiene una medición de la intensidad luminosa real (5b), y una distorsionada según la cantidad de condensación presente en el espejo (5a), la diferencia entre las dos es amplificada y actúa sobre el regulador de potencia que controla el calefactor.

En definitiva es un lazo cerrado de control que consigue temperar la superficie del espejo hasta alcanzar el punto de rocío, es suficiente medir el valor de la temperatura superficial y acudir a las ecuaciones, tablas o gráficos psicrométricos para obtener la humedad relativa (%HR).

Psicrómetros. El empleo de estos aparatos constituye uno de los métodos más comunes para el monitoreo de la humedad como consecuencia de su bajo costo y simplicidad. Un psicrómetro industrial está compuesto de un par de termómetros eléctricos o de líquido en vidrio acoplados, operando uno de ellos en estado húmedo. Al funcionar el equipo, la evaporación del agua, enfría el termómetro humedecido, consiguiéndose una diferencia medible con la temperatura ambiente

o la temperatura del bulbo seco. Una vez que el bulbo húmedo alcanza su máxima caída de temperatura, la humedad puede establecerse contrastando la temperatura de los dos termómetros en una tabla psicométrica o realizando cálculos.

Un psicrómetro provee una alta exactitud en las cercanías del punto de saturación (100 %HR) y es fácil de operar y reparar, pero se debe considerar que a baja humedad relativa (menos del 20 %HR) su desempeño es pobre y el mantenimiento será con mayor frecuencia. Este aparato no puede ocuparse a temperaturas menores de 0 °C y, al ser el psicrómetro una fuente de humedad, no se puede utilizar en ambientes cerrados o demasiado pequeños.

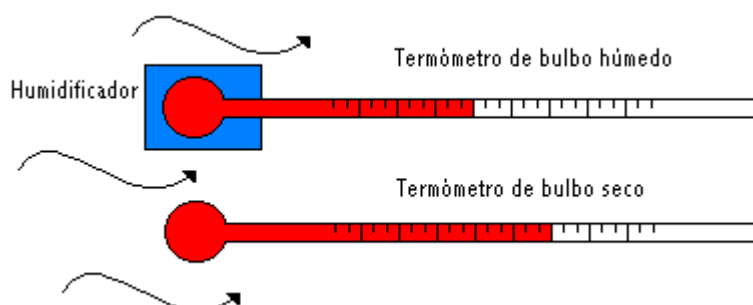


Gráfico 7. Psicometría por bulbo húmedo/bulbo seco.

Sensores Capacitivos. Son hechos comúnmente de polímero orgánico capacitivo con platos paralelos provistos de electrodos porosos o con filamentos entrelazados en el sustrato. Este material dieléctrico absorbe el vapor de agua del ambiente con las variaciones del nivel de humedad. Las variaciones resultantes en la constante dieléctrica causa una transición en el valor de la capacitancia eléctrica del dispositivo por lo que consecuentemente constituye una impedancia que cambia con la humedad. Este cambio en la constante dieléctrica es de aproximadamente el 30 % correspondiendo a una variación de 0 a 100 %HR en la humedad relativa.

El material sensor es muy delgado para alcanzar grandes variaciones en la señal con la humedad, lo que permite al vapor de agua ingresar y salir cómodamente y también el secado rápido para la descomplicada calibración del sensor.

Debido a que el coeficiente de temperatura es bajo y el polímero dieléctrico puede soportar altas temperaturas, esta clase de sensor es adecuado para su empleo en

ambiente de alta temperatura. También son apropiados para circunstancias donde se precise de un alto grado de sensibilidad a niveles bajos de humedad, pues suministran una respuesta rápida. Es necesario considerar que a valores de humedad superiores al 85 %HR, este sensor tiene tendencia a saturarse, transformándose en no lineal.

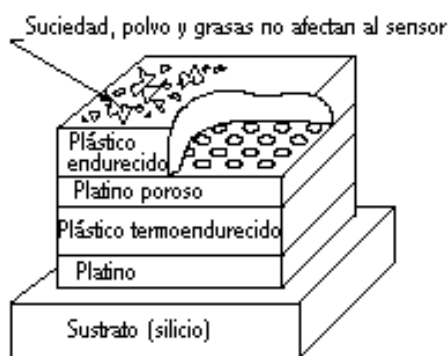


Gráfico 8. Sensor Capacitivo.

Sensor de sal saturada de cloruro de litio. Debido a que suministra una medición fundamental, a su simplicidad, durabilidad, y bajo costo; es uno de los sensores de punto de rocío más usados. Compuesto de una bobina revestida con una tela absorbente y un arrollamiento de electrodos bifilares inertes; la bobina es bañada con una solución diluida de cloruro de litio, por el arrollamiento y la solución salina se hace pasar una corriente alterna causando calentamiento por efecto joule. Conforme la bobina eleva su temperatura, el agua de la sal, se disipa controladamente por la presión de vapor de agua en el aire circundante. Una vez que la bobina inicia a secarse, la resistencia de la solución salina aumenta, produciendo un decremento de la corriente que enfría la bobina. El efecto de calentamiento y enfriamiento se mantiene hasta conseguir un estado en el que no hay intercambio de agua con el ambiente. Esta temperatura de equilibrio medida empleando un termómetro de resistencia de platino, es directamente proporcional a la presión de vapor de agua o el punto de rocío del aire circundante. Puede fácilmente hacerse una recarga de cloruro de litio, en caso de que el sensor de sal saturada se contamine.

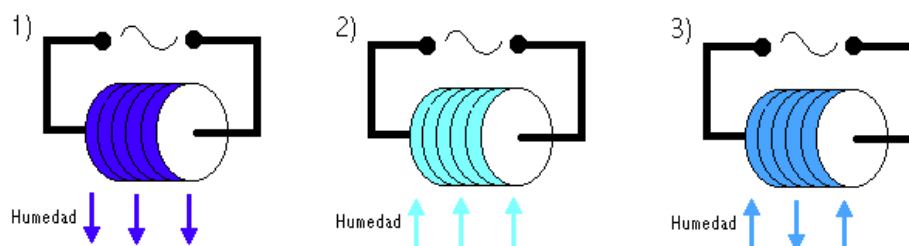


Gráfico 9. Sensor de sal saturada de cloruro de litio.

Este tipo de sensores tiene limitaciones determinadas por el bajo tiempo de repuesta y el límite inferior del rango de medición fijado por la naturaleza del cloruro de litio. Este sensor no puede utilizarse para medir puntos de rocío en circunstancias en que la presión de vapor de agua desciende por debajo de la presión de saturación de vapor del cloruro de litio, que acontece cerca del 11% de humedad relativa. Los sensores de sal saturada son requeridos principalmente en dehumificadores, controles de refrigeración, secadores monitoreo de líneas de suministro de aire, equipos envasadores de píldoras o al tener en consideración la resistencia ambiental, el bajo tiempo de respuesta, la moderada precisión y el bajo costo.

Sensor electrolítico. Los higrómetros electrolíticos comúnmente son empleados para la medición de gases secos pues tienen una estabilidad adecuada para períodos largos. Los sensores electrolíticos demandan que el gas medido se encuentre limpio y que no reaccione con la solución de ácido fosfórico, no obstante, avances actuales en la tecnología de sensores de celda y los sistemas de preparación de muestras facilitan aplicaciones más atrevidas, como la medición de humedad realizada en cloruro.

Estos sensores electrolíticos emplean una celda recubierta con una delgada capa de pentóxido fosforoso (P_2O_5), que absorbe agua del gas en proceso de medición. Una vez que una corriente eléctrica es aplicada a los electrodos, el vapor de agua absorbido por el pentóxido fosforoso se descompone en moléculas de oxígeno e hidrógeno. La intensidad de corriente necesaria para dissociar el agua es correspondiente al número de moléculas de agua que se encuentran en la muestra. Intensidad que conjuntamente con la temperatura y el caudal, son utilizados para establecer la concentración del vapor de agua establecido en partes por millón por volumen (PPMv). Este tipo de sensores son utilizados en

aplicaciones secas de hasta máximo 1000 PPMv y son convenientes en procesos industriales como de producción de circuitos integrados, química fina, gases ultrapuros, etc.; el éxito de estos procesos industriales obedece al mantenimiento de las condiciones inertes, significando ésto que un suministro permanente de argón o nitrógeno, debe usarse para purificar el ambiente de producción. De igual forma como el mantenimiento de la pureza del gas, el contenido de vapor de agua debe mantenerse muy bajo, pues estas son las condiciones bajo las cuales el higrómetro electrolítico funciona óptimamente.

Las aplicaciones más recomendadas de este sensor son en generadores de ozono, soldadura con gas inerte, sistemas de transferencia de nitrógeno y líneas de aire seco, ya que algunos gases lograrían corroer o contaminar el sensor.

En definitiva, el sensor electrolítico proporciona una medición primaria y confiable a mínimos niveles de humedad, considerando que la precisión del aparato está relacionada al mantenimiento de un flujo de muestras controlado.

Sensor Piezo-resonante. Este tipo de sensor basa su funcionamiento en el principio de equilibrio de humedad relativa donde la absorción de agua aumenta la masa de cristal, situación que afecta directamente la frecuencia de resonancia. Sobre la superficie del cristal resonante este sensor tiene un revestimiento sensible a la humedad. La frecuencia de resonancia del cristal varía mientras que el revestimiento sensitivo a la humedad, absorba o elimine vapor de agua como consecuencia de los cambios en los niveles de humedad ambiente. La frecuencia de resonancia es comparada con mediciones afines en el gas seco o a la frecuencia de referencia a la que ha sido calibrado.

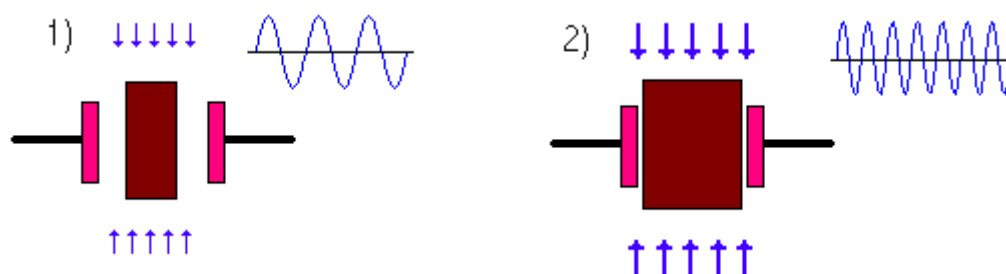


Gráfico 10. Sensor piezo-resonante.

4.1.3. FACTORES A CONSIDERAR EN LA MEDICIÓN DE HUMEDAD.

Es necesario tener muy presente que un quipo adecuadamente calibrado, no perdurará así indefinidamente, por tal motivo es indispensable considerar ciertos factores para conservar un sensor en perfecto estado funcionamiento, los cuales se detalla a continuación:

Protección y mantenimiento. Se debe tener en cuenta, realizar:

- La limpieza de sensores acorde a las especificaciones del fabricante.
- Un mantenimiento preventivo periódico.
- Mantener las condiciones ambientales controladas.
- El uso y reemplazo adecuado de filtros.

Presión. Las variaciones de presión pueden perjudicar la calibración de un sensor, no obstante, se puede compensar las fluctuaciones que perciba el instrumento, una vez determinado el valor del cambio de presión, que es cómodamente perceptible.

Temperatura. Este factor puede afectar algunos sensores, fundamentalmente aquellos que son calibrados a temperaturas invariables; además si el sensor tiene como partes elementales de la medición, resistores y condensadores, se debe diseñar un sistema de regulación de la temperatura, de tal forma que su afectación sea la menor permisible.

Filtros de protección. Usualmente empleados para preservar el sensor de humedad, de contaminantes que afectan las mediciones.

En ocasiones en que el sensor no tiene ventilación artificial, se emplean filtros con baja respuesta a los cambios, a fin de prevenir daños originados por los cambios violentos.

Comúnmente se recomienda utilizar filtros como protección cuando se trabaje a presiones altas, a temperaturas superiores a los 80 °C y a velocidades superiores a los 75 m/s.

La porosidad del filtro es una característica importante a considerar, pues los poros deberán ser lo bastante pequeños para atrapar las partículas que pueden estropear el sensor y que están suspendidas en el aire.

En función de la porosidad se disponen de los siguientes tipos:

- **Rejilla o Malla:** Su porosidad es relativamente pequeña pero son de respuesta rápida.
- **Metal Poroso:** Es empleado en ambientes extremos, presenta una respuesta lenta a los cambios bruscos.
- **Plástico Abierto:** Se lo utiliza como protección y no como filtro, pues el sensor está expuesto directamente al ambiente.

Contaminantes. Es fundamental proteger el sensor de impurezas, que puedan perturbar su funcionamiento, especialmente en los sensores de tipo capacitivos, en vista que la presencia de materiales extraños podría alterar la constante dieléctrica de éste sensor.

4.2. DISEÑO DEL LABORATORIO DE HUMEDAD.

4.2.1. TRAZABILIDAD DEL LABORATORIO DE HUMEDAD

Por manejarse varios conceptos de humedad, esporádicamente existe desconcierto cuando es necesario expresar la trazabilidad de una medición. El concepto de humedad está proporcionado en términos de una razón de masas, por tanto, la trazabilidad empleando ésta definición se encuentra orientada al kilogramo como patrón de masa. No obstante, el método gravimétrico no es el mejor para ejecutar mediciones de humedad. El concepto de la humedad relativa obedece a fracciones molares de vapor de agua que pueden ser establecidas considerando mediciones de temperatura y presión, debido a ésta premisa, la cadena de trazabilidad para la calibración de higrómetros de humedad relativa comúnmente se consigue de los patrones presión y temperatura.

Es necesario considerar el análisis de los siguientes componentes de trazabilidad en la calibración de higrómetros, por el método de comparación:

- El alcance del patrón nacional de humedad va de 10 % a 95 % de humedad relativa con incertidumbres desde $\pm 0,2$ % a $\pm 1,5$ % de humedad relativa.

- Los equipos de medición empleados en el sistema de calibración deben tener el certificado de calibración vigente y contendrá la trazabilidad a patrones nacionales o extranjeros de medición y su incertidumbre.
- En cada nivel de la cadena de trazabilidad, se verificará la incertidumbre y el alcance correspondiente.
- Dentro de la documentación pertinente, se constata el certificado de calibración vigente, procedimientos empleados, registros, cartas de control de equipos patrones, hojas de análisis de datos, entre otros documentos.
- Periodos de calibración determinados para los patrones de medición, teniendo en cuenta entre otros puntos, la frecuencia de uso, cartas de control, tiempo señalado en el manual de calidad, etc.

Para este tipo de Laboratorios se presenta la siguiente cadena de trazabilidad:

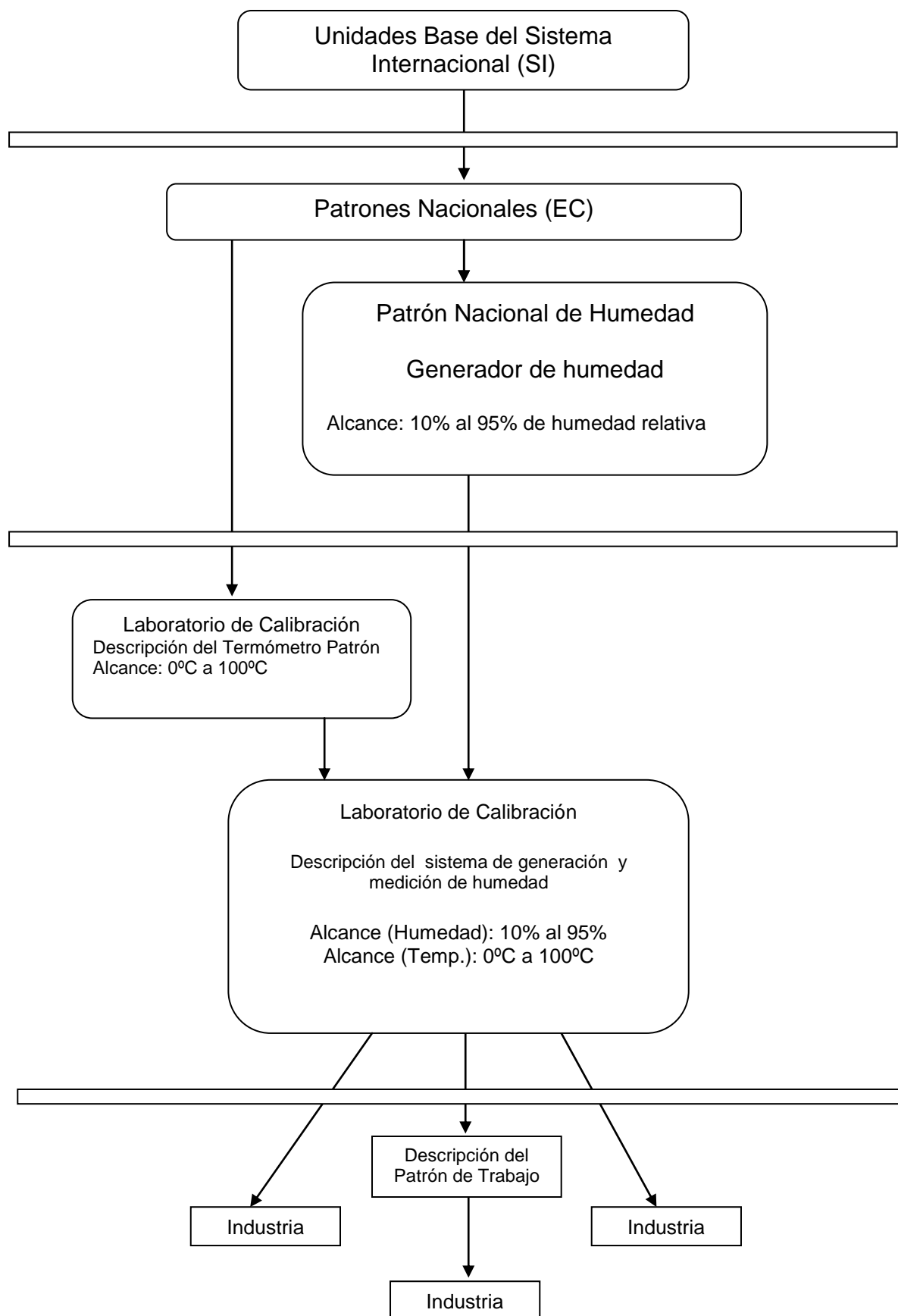


Gráfico 11. Trazabilidad para instrumentos y patrones de Humedad.

4.2.2. PLANIFICACIÓN

Éste punto es primordial para lograr las metas establecidas, constituyendo la plataforma para cualquier proyecto; en ésta etapa se debe presentar la investigación operativa, que observa un estudio íntegro con personas competentes en el tema, de las cuales se obtiene las bases sólidas para el desarrollo del proyecto. Ésta fase permite acoger óptimas decisiones, considerando todas las normas y lineamientos disponibles para el efecto.⁶

En el presente estudio fueron considerados además los laboratorios de Humedad que operan en otros países, cuya estructura sirve de guía para éste laboratorio, teniendo presente que las magnitudes físicas son de carácter universal, y como se puede deducir en éstos laboratorios se dispone de patrones relacionados variando únicamente su exactitud.

Luego de éste análisis, se obtienen pautas puntuales para establecer el servicio brindado por el laboratorio, su alcance y consideraciones generales para laboratorios de ésta categoría.

Para la infraestructura física es preciso verificar las normas establecidas para la construcción, que garantizan el adecuado desempeño de las variables externas influyen sobre las medidas a ser realizadas en el laboratorio, entre las cuales las más importantes son temperatura, humedad e interferencias; sin menos preciar las instalaciones eléctricas, sanitarias, de seguridad, etc. que aseguren un desempeño óptimo de la magnitud a ser medida.

Otro factor muy importante a determinar lo constituye el equipamiento a adquirir, que debe estar acorde al avance tecnológico actual y cumpliendo la normativa internacional establecida para los laboratorios de calibración, que en éste caso, está plasmada en la norma NTE INEN ISO/IEC 17025, la cual avala el servicio que se brinda para el impulso de la ciencia y la industria.

⁶ Fundamentos de marketing.

Optar por acreditación de laboratorio de calibración de humedad, permite además corroborar el excelente desempeño y funcionamiento del laboratorio diseñado, e impulsa al Centro de Metrología nacional e internacionalmente.

4.2.3. PARÁMETROS CRÍTICOS.

Hay ciertos parámetros generales que serán verificados para el diseño del laboratorio de Metrología, ya que éstos influyen de una u otra forma, sobre la magnitud con la cual se va a trabajar. Éstos parámetros críticos inicialmente analizados son las Interferencias electromagnéticas (EMI), Interferencias de radiofrecuencia (RFI), Descargas electrostáticas (ESD), Humedad relativa (HR), Temperatura, Ruido, Partículas y Vibraciones.

4.2.3.1. INTERFERENCIAS ELECTROMAGNÉTICAS (EMI).

En las mediciones de humedad, las Interferencias electromagnéticas no son tan importantes como lo son para mediciones de corriente continua y alterna, tiempo, temperatura o frecuencia, pero es recomendable realizar el shielding del laboratorio o apantallamiento total, a fin de conseguir un desempeño óptimo del laboratorio.

4.2.3.2. INTERFERENCIAS DE RADIOFRECUENCIA (RFI).

Las interferencias de radiofrecuencia no afectan las mediciones de humedad, razón por la que se empleará protección parcial para aquellos patrones donde sea necesario.

Es aconsejable que un laboratorio de metrología, se encuentre lejos de estaciones de televisión, antenas de transmisión y equipos de transmisión de telecomunicaciones para descartar esta clase de interferencia.

4.2.3.3. DESCARGAS ELECTROSTÁTICAS (ESD).

Éste parámetro es crítico y afecta principalmente a equipos electrónicos y partes de varios equipos como semiconductores, cristales piezoeléctricos y resistencias de película delgada, además constituye una mala influencia en las mediciones de

alta y baja frecuencia, motivo por el es requerido tomar las precauciones debidas a fin de contrarrestar su efecto.

En un laboratorio de humedad, la calibración de equipos requiere de un adecuado manejo de descargas electrostáticas, en especial en el área de mantenimiento, donde se desarmen instrumentos sensibles. El personal que manipule éstos equipos usará pulseras antiestáticas, al realizar las acciones de mantenimiento.

Las descargas electrostáticas son muy relacionadas a la humedad, por esta razón es necesario considerar los materiales de acabado del laboratorio, empleando en ocasiones ionizadores para el aire y vinilo en el piso de las áreas de mantenimiento y calibración.

4.2.3.4. HUMEDAD RELATIVA (HR).

A éste parámetro se considera principalmente como una de las condiciones ambientales del laboratorio requeridas para la calibración de higrómetros por el método de comparación, cuyo nivel debe estar entre 40% y 45% HR.

Además en el área de calibración permite mantener la conductividad de las superficies relacionándose directamente con las descargas electrostáticas. Mantener un nivel bajo de descargas electrostáticas, involucra conservar una humedad igual o superior al 65%, con una limitación de no menos del 20% en el peor de los casos. Para impedir el deterioro de los equipos metálicos por oxidación lo conveniente es mantener un nivel del 40% a 60% de humedad.

Tampoco se debe descuidar las variaciones bruscas de los parámetros ambientales, por lo que se recomienda mantener el nivel de humedad relativa en un $40\% \pm 5\%$ y una tasa de variación de máximo 2% por cada hora.

A fin de tener un nivel aceptable de humedad relativa, se empleará en caso necesario humidificadores o vaporizadores de agua, los cuales pueden mantenerse bajo un control automático para conservar el nivel establecido.

4.2.3.5. TEMPERATURA.

A éste parámetro también se considera como una de las condiciones ambientales del laboratorio requeridas para la calibración de higrómetros por el método de comparación, cuyo nivel debe estar entre 20°C y 23°C. ⁷

Lo recomendable para un laboratorio de metrología es conservarla cerca de los 21 °C con una desviación de ± 1.5 °C y con una rata de variación de 2 °C por hora.

Generalmente se emplean sistemas de climatización eficientes que mantengan niveles de temperatura adecuados a fin de evitar variaciones bruscas de ésta magnitud durante las calibraciones.

4.2.3.6. RUIDO.

Se considera importante para preservar la capacidad auditiva y la eficiencia del personal del laboratorio. Los niveles de ruido máximo permitido son para picos de presión sonora 140 db., como umbral de dolor 84 db., y ocho horas de exposición permanente a ruido de 84 db. por cada fase de 24 horas.

Los sonómetros son utilizados para medir la cantidad de sonido, presentando una lectura del nivel de sonido o ruido que existe, para determinar el área de calibración demanda aislamiento al ruido.

Se recomienda trabajar a un límite máximo de 45 db. para dispositivos que se hallan continuamente laborando como sistemas de climatización y generadores eléctricos.

4.2.3.7. PARTÍCULAS.

Las partículas pueden obstruir la estructura porosa de los sensores resistivos o de film polímero y potencialmente originar daños por impacto. Las partículas pueden disminuir la tasa de evaporación del humidificador del psicómetro.

⁷ NCSL, Conferencia Nacional de Laboratorios Estándares, Norma RP-7

En ésta clase de laboratorios es solicitado ejercer un control de partículas suspendidas en el aire, menor a 50.000 partes/pie³ para partículas sobre 0,5 micrón y 10.000 partes/pie³ para partículas mayores a un micrón.

Se debe contar con un adecuado sistema de control de flujo de aire, a fin de mantener constantemente una diferencia positiva respecto de la presión exterior del área de calibración, controlando de ésta forma el nivel de partículas mediante una presión positiva de 12.44 Pa.

Con éste propósito son empleados los medidores de flujo, las balanzas analíticas y los filtros especiales de enmallado micrométrico, para la medición de las partículas totales suspendidas en el área de calibración, determinando el número de partículas de acuerdo a su grosor.

4.2.3.8. VIBRACIONES.

Al realizar mediciones donde se requiere de gran precisión es imprescindible, considerar este factor, debiendo presentar máximo 0.25 µm de amplitud de desplazamiento a una frecuencia de 0.1 a 30 Hz., y a no más de 0.001 g (aceleración de la gravedad) de 30 a 200 Hz.

Un acelerómetro es el instrumento empleado para medir éste parámetro, el laboratorio debe estar situado lejos de aeropuertos y tráfico pesado, incluye mecanismos de control de vibraciones en la estructura, barras de compensación, rieles, o sistemas hidráulicos controlados acorde al equipamiento y patrones que se dispongan.

4.2.3.9. PERSONAL.

Un punto fundamental es determinar el personal que debe laborar en el laboratorio, el cual será una conclusión del detallado análisis de la cantidad de equipos patrones, la demanda del servicio, el área de calibración y otros aspectos que determinan el nivel de operatividad del laboratorio.

Todas las sugerencias sobre los parámetros críticos, la infraestructura física del laboratorio y las siguientes en cuanto al personal, que debe laborar en un laboratorio de metrología, han sido propuestas de acuerdo a las recomendaciones de la National Conference of Standards Laboratories (NCSL):

- Un Observador Técnico del laboratorio.
- Un Responsable Técnico del laboratorio.
- Un jefe de aseguramiento de la calidad.
- Un jefe del departamento técnico.

Por las razones expuestas se determina que se debe considerar la capacitación de dos o tres técnicos que realizarían la calibración de los equipos de humedad con la tecnología adquirida.

La capacitación inicial es fundamental en el área técnica, y por tanto es recomendable realizar la observación y pasantía en un laboratorio acreditado bajo la norma correspondiente, lo que únicamente está disponible en el exterior; y como los laboratorios más desarrollados en América Latina son los de México (Centro Nacional de Metrología CENAM) y Brasil (Instituto Nacional de Metrología INMETRO), se ha determinado que debe considerarse al CENAM como el adecuado, en función de su adelanto tecnológico y también por la facilidad en cuanto al idioma.

Además el laboratorio debe tener un programa de capacitación fundamentado en las actividades que realiza el personal en el proceso de calibración.

Los técnicos responsables de la ejecución del servicio de calibración deben demostrar conocimientos en el área de calibración de medidores de humedad, también conocimientos de estadística para la estimación de la incertidumbre y demostrar capacidad para evaluar coeficientes de sensibilidad para la dependencia de la humedad relativa con la temperatura así como para determinar otras fuentes de incertidumbre del sistema de calibración, además de distinguir efectos de correlación entre ellas.

Este personal debe tener la habilidad para distinguir lecturas incorrectas, para hacer interpolaciones lineales entre puntos de humedad; entre varias funciones más.

4.2.4. PATRONES Y EQUIPOS.

Para calibrar los instrumentos de humedad generalmente son empleados los siguientes estándares:

- Patrones primarios: El principal patrón empleado por los laboratorios nacionales se fundamenta en el higrómetro gravimétrico. En éste método de medición se pesa una cantidad de gas seco y compararla con el peso del mismo volumen del gas que se desea valorar. Así se establece la cantidad de agua y se calcula la presión de vapor. Estos equipos son utilizados como patrones para calibrar instrumentos menos precisos pero adecuados para calibraciones rápidas y sencillas. Pueden también ser empleados como referencias primarias pero con menor precisión, los generadores de doble presión y los generadores de doble temperatura.
- Patrones de transferencia: Estos equipos proveen resultados estables y repetibles basados en los principios fundamentales y deben emplearse adecuadamente con la finalidad de evitar los resultados erróneos. Comúnmente son el higrómetro óptico, el higrómetro electrolítico y el psicómetro.
- Patrones secundarios: Son equipos que no miden parámetros esenciales y que deben calibrarse con patrones de transferencia o primarios. La precisión de esta clase de instrumentos obedece a calibraciones periódicas y generalmente son aplicados en la industria.

El siguiente cuadro presenta de una manera eficiente los tipos de patrones.

Tipo	Adecuado para uso	Clase	Rango	Precisión Típica de medición
Gravimétrico	Si	Primario	100°C/-50°C	0.1°C punto de rocío
Higrómetro óptico de espejo enfriado	Si	Transferencia	90°C/-90°C punto de rocío	0.2°C punto de rocío
Higrómetro electrolítico	Si	Transferencia	1 de 2000 ppmv	5% del valor medido en ppmv
Psicómetro	Si	Transferencia	5%-95% RH 2% RH 0°C-100°C ambiente	2% RH
Higrómetro resistivo	No	Secundario	-100°C a 30°C punto de rocío	2°C-4°C
Sensor de RH de film polímero	No	Secundario	5% -95% RH 0°C -100°C ambiente	2%-5% RH

Cuadro 1. Instrumentos de calibración de humedad.

En este punto es interesante describir el patrón empleado en el CENAM en ésta magnitud:

El patrón nacional de humedad de México, está descrito por las magnitudes de humedad relativa y temperatura de punto de rocío. Es realizado por medio de un generador de humedad fundamentado en el principio de dos presiones que consiste en circular aire seco en un saturador a una presión alta de 1,5 MPa, el cual se encuentra a presión y temperatura controladas, luego el aire saturado fluye a través de una válvula de expansión, que reduce la presión del aire hasta aproximadamente la presión atmosférica; para posteriormente circular hacia una cámara de prueba. Las mediciones de temperatura y presión, de la cámara y del saturador, permiten establecer, empleando relaciones de gases ideales, el contenido de vapor de agua que contiene el aire en la cámara de prueba. La cantidad de vapor de agua presente en la cámara puede expresarse como temperatura de punto de rocío o humedad relativa. Este patrón se ha establecido con la finalidad de brindar trazabilidad a las mediciones de humedad que se realizan en México. El intervalo en el cual trabaja es de 10 % HR a 95 % HR a una temperatura 64°C, y proporciona una incertidumbre de 0,2 % HR a 1,5 % HR, con un nivel de confianza de aproximadamente 95%.



Gráfico 12. Patrón Nacional de Humedad de México (CENAM)

Considerando las especificaciones descritas anteriormente se ha determinado que las características del sistema de calibración y la documentación conveniente para el diseño del laboratorio son las que se proponen a continuación.

4.2.4.1. HIGRÓMETRO PATRÓN DE REFERENCIA.

En el presente diseño del laboratorio se ha determinado que es necesario adquirir un higrómetro patrón, que por lo menos cumpla las siguientes especificaciones generales:

El alcance e incertidumbre de medición, deben cubrir los valores declarados en los servicios de calibración que el laboratorio brinda.

Debe estar plenamente identificada la trazabilidad e incertidumbre del equipo, por medio del respectivo informe de calibración.

La contribución de incertidumbre del patrón de referencia a la incertidumbre de medición del mensurando, no debe exceder la especificación de incertidumbre para un nivel de confianza claramente especificado.

Mantener un control metrológico, por medio de mediciones de verificación y/o cartas de control adecuadas.

Además de éstas, deberá mínimo cumplir con las siguientes especificaciones técnicas:

Ser un termohigrómetro digital económico y de alta precisión.

Disponer de dos canales para medir la temperatura ambiente hasta $\pm 0,125^{\circ}\text{C}$ y el porcentaje de humedad relativa (HR) hasta $\pm 1,5\%$.

Tener dos sensores resistivos para medir la temperatura y la humedad relativa, desmontables, con cable extensible e intercambiable y con calibración independiente.

Rango de temperatura de 0° C a 50° C

Precisión de la temperatura de 16° C a 24° C (60,8° F a 75,2° F): $\pm 0,125^{\circ}$ C. ($\pm 0,225^{\circ}$ F).

Rango de humedad relativa (HR), de 0% a 100% de HR.

Precisión de la HR de 20% a 70% de HR: $\pm 1,5\%$ de HR.

Disponer de una resolución de la pantalla hasta en 0,001° C y 0,01 % HR.

Tener una capacidad de memoria interna para almacenar hasta 400.000 lecturas de hora y fecha.

Contar con interfaz serial RS-232 para leer las mediciones y acceder a los ajustes.

Interfaz de red Ethernet para comunicaciones TCP/IP y páginas Web HTML incrustadas para leer las mediciones en la red.

Opción inalámbrica RF 802.15.4 para operación remota.

Alarmas audiovisuales para distintas alarmas o condiciones de fallo, puerto de salida de alarma.

Sensores desmontables con sus propios datos de calibración, a fin de permitir posteriores calibraciones.

Software para registro en tiempo real, o muestra de datos gráficos o estadísticos.

Protección con contraseña para los ajustes.

Pantalla LCD que presente los datos de temperatura y humedad en forma gráfica, numérica y estadística.

Alimentación de 110 V CA.

Batería de reserva estándar de 9 V para mediciones continuas durante interrupciones de la energía eléctrica.



Gráfico 13. Higrómetro Patrón.

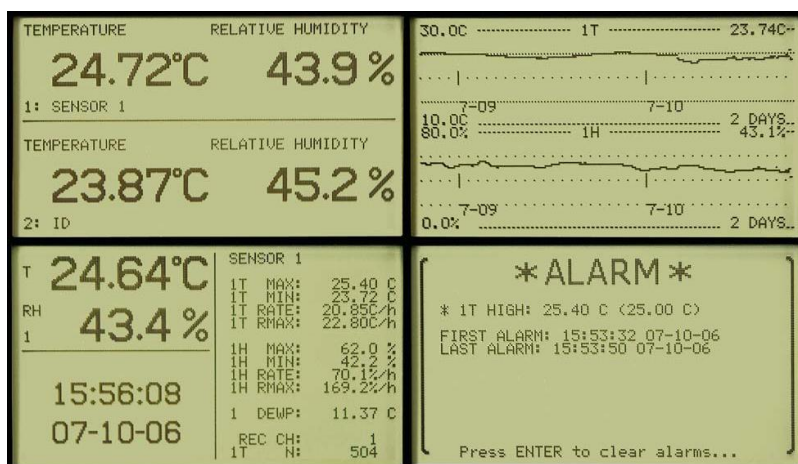


Gráfico 14. Pantalla del Higrómetro Patrón.

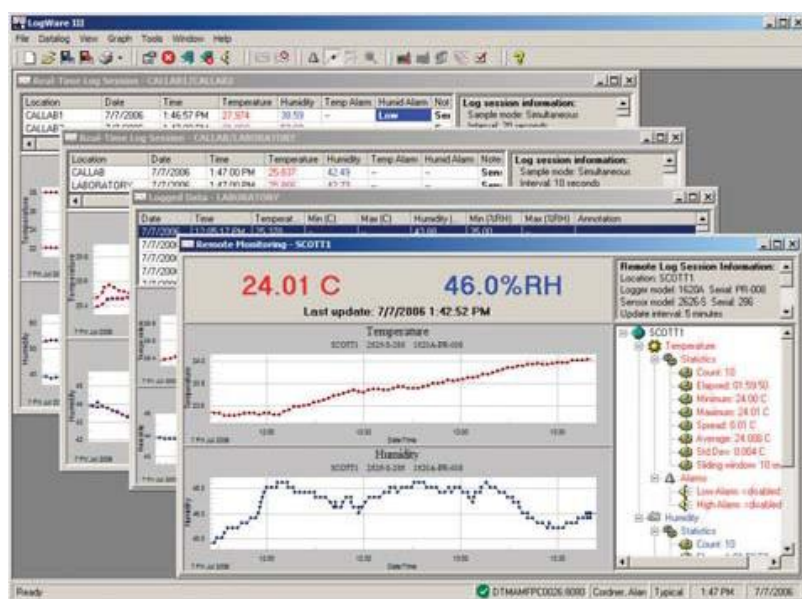


Gráfico 15. Tratamiento de datos del Higrómetro Patrón.

4.2.4.2. CÁMARA ESTABILIZADA DE HUMEDAD.

La Cámara de generación de humedad debe cubrir el alcance declarado en los servicios de calibración, y su estabilidad y homogeneidad magnitudes de influencia en el mensurando, deben ser conocidas por medio de un certificado de caracterización de este equipo.

Es necesario confirmar el tiempo mínimo de estabilización en los puntos de calibración y debe encontrarse documentado el seguimiento de la estabilidad y homogeneidad de la cámara mediante análisis de datos, gráficas y cartas de control.

Debe estar plenamente identificada la trazabilidad e incertidumbre del equipo, por medio del respectivo informe de calibración.

Además de éstas, el equipo deberá mínimo cumplir con las siguientes especificaciones técnicas:

Rango de humedad relativa (HR), de 0% a 95% de HR.

Exactitud del $\pm 0.5\%$ en HR.

Enfriamiento termoeléctrico sin refrigerantes.

Control con pantalla táctil.

Interfaz de USB y de Ethernet.

Generación automática de múltiples puntos.

Almacenamiento continuo de datos del sistema.

Disponer de una resolución de la pantalla hasta en 0,05 % de HR.

Dimensiones mínimas de 152 milímetros x 152 milímetros x 152 milímetros.

Rango de presión de saturación de 15 a 150 psi.

Gama de temperaturas del compartimiento de 10 a 60 °C.

Estabilidad del control de la temperatura del compartimiento de ± 0.04 °C,

Uniformidad de la temperatura del compartimiento de 0.1 °C.

Exactitud de la medida de la temperatura del compartimiento de ± 0.05 °C.

A más de los equipos descritos será necesario disponer de un termómetro para medición de temperatura dentro de la cámara, el cual debe contar con el informe de calibración vigente, declaración de trazabilidad, incertidumbre y también se recomienda que la incertidumbre para la medición de temperatura sea menor que $\pm 0,1$ °C.

Como requisito de la norma NTE INEN ISO/IEC 17025 se requiere de un sistema de medición de condiciones ambientales, ya que el procedimiento de calibración debe realizarse bajo condiciones controladas.

Finalmente, de ser posible se puede contar con un higrómetro testigo en las cámaras de humedad con indicador de humedad, como parte del aseguramiento de mediciones.



Gráfico 16. Cámara Estabilizada de Humedad.

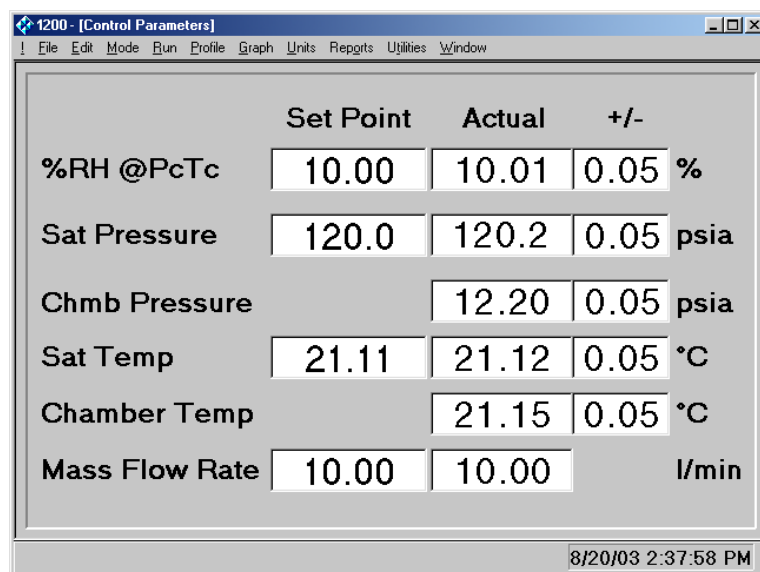


Gráfico 17. Interface de la Cámara de Humedad.

4.2.5. INFRAESTRUCTURA FÍSICA DEL LABORATORIO.

Para la implementación de un laboratorio de humedad, al igual que cualquier laboratorio metrológico, es indispensable contar con una infraestructura óptima que permita su adecuado desenvolvimiento, y por tanto además de los factores críticos detallados inicialmente es necesario será preciso verificar el cumplimiento de los siguientes aspectos.

4.2.5.1. ESPECIFICACIONES DE CONSTRUCCIÓN.

Las especificaciones que se deben tener en cuenta en el área de calibración son las siguientes:

	Área de calibración
Puertas	De aluminio con vidrio anti reflectante.
Ventanas	No
Paredes y divisiones	Cemento armado, pueden emplearse divisiones con paneles
Piso	Vinilo, preferiblemente de color claro.
Tumbado	Cielo falso, con uniones selladas.

Cuadro 2. Criterios de construcción del área de calibración.

4.2.5.2. INSTALACIONES ELÉCTRICAS.

Las instalaciones eléctricas en un laboratorio metrológico son muy importantes y por lo tanto se debe cumplir las recomendaciones que se detallan a continuación:

Parámetro	Especificaciones
Voltaje Trifásico	115 VAC \pm 10 VAC y 220 VAC \pm 10 VAC máximo
Frecuencia	60 Hz. \pm 3 Hz.
Tierra	Por medio de barras de cobre independientes, aterrizadas a tierra física, y considerando distancias. La separación a tierra debe ser menor a 1 Ω .
Supresión de picos	Para todas las instalaciones y sistema climatizado.
Regulación de Poder	Especial atención al área de calibración e informática, utilizando reguladores de voltaje
Perdida de energía	Motor generador síncrono y/o UPS.
Distorsión Armónica	Menor al 5%.
Cableado	Resistente al fuego.
Instalaciones eléctricas	Empleando tubería metálica conduit y con tercer cable para tierra, evitando contacto con tuberías de agua. Deben estar acordes al código eléctrico nacional.
Tomacorrientes para el área de calibración	Se recomienda cada 1.3 m. y colocados a 1.1 m sobre el nivel del piso terminado. La caída de voltaje entre cada tomacorriente deberá ser menor al 3%. Considerar filtros para evitar interferencias electromagnéticas y radiofrecuencia.

Cuadro 3. Especificaciones eléctricas del laboratorio

4.2.5.3. SISTEMA DE CLIMATIZACIÓN.

En el área metrológica es esencial que un buen laboratorio, tenga un excelente sistema de climatización, que le permitirá lograr un nivel adecuado de temperatura, humedad e incluso de partículas en el aire, manteniendo bajo un riguroso control, éstos parámetros críticos.

El dimensionamiento del sistema es trascendental para cumplir de manera eficaz su objetivo.

Con la finalidad de seleccionar un mejor sistema de climatización se tomarán en cuenta los siguientes aspectos:

- Temperatura que no afecte el buen desempeño del personal.
- Estadística del clima del lugar.
- Estadística de la humedad relativa y temperatura.
- Incidencia del sol durante el día, velocidad del viento y fuentes de polvo.
- Variaciones de temperatura y humedad.
- Condiciones de temperatura y humedad para trabajo de los equipos.
- Medidas adoptadas ante el ruido provocado por equipos del sistema.
- Diseño apropiado de ductos y tuberías para mantenimiento y protección.

4.2.5.4. SISTEMA DE SEGURIDAD, INCENDIO Y EMERGENCIA.

El laboratorio debe tener un sistema de seguridad, incendio y emergencias, el cual será empleado en caso de existir riesgos de esta naturaleza, y con la finalidad de garantizar el desempeño normal del laboratorio.

Como es lógico suponer, el área de calibración, es la más importante y sensible, razón por la cual, al instalar el sistema se emplean los componentes que no afectan al área desde el punto de vista metrológico. Es así que el cableado debe ir en tubería internamente en las paredes, o también puede ser sobre el cielo falso, ya que puede presentar interferencias de radiofrecuencia y/o electromagnética, que algunas mediciones sensibles a éstas. También es deseable que las alarmas sonoras se ubiquen lejos del área de calibración; y sean empleados sensores que no trastornen los factores críticos propuestos.

Como prevención ante incendios, preferiblemente no se debe emplear mueblería de madera en ninguna parte del laboratorio pudiendo utilizar muebles de material resistente al fuego. Se deberá ocupar extintores ubicados en sitios estratégicos del laboratorio y dispersores de agua en caso de flagelo.

El sistema de emergencia debe estar en interacción con los otros sistemas, determinando salidas de emergencia, luces especiales informativas, limitaciones de servicios básicos, y otros aspectos significativos en situaciones de peligro.

4.2.5.5. INSTALACIONES LUMÍNICAS.

En las áreas de calibración de un laboratorio de metrología, es recomendable disponer de una intensidad luminosa de 1076 lux, por lo cual se debe utilizar lámparas fluorescentes con pantallas difusoras, pues este tipo de lámparas no emiten mucho calor.

Especialmente se emplean balastos especiales con supresión de radiofrecuencia, ya que los balastos comunes de las luminarias fluorescentes generan interferencia de radiofrecuencia; además es recomendable el uso de interruptores que permitan la regulación de iluminación del 50% al 100% para situaciones requeridas.

4.2.5.6. DISTRIBUCIÓN DE ÁREAS.

Con el fin de que el laboratorio tenga un desempeño adecuado, es sumamente elemental que las áreas sean correctamente distribuidas, amplias, confortables, y seguras para que el ambiente laboral sea óptimo, proveyendo al personal de bienestar que le permita ejecutar su trabajo conformemente.

El Ejército Ecuatoriano dispone del Laboratorio de Metrología con instalaciones en el Fuerte Militar Rumiñahui de la ciudad de Quito, actualmente se encuentra en un proyecto de engrandecimiento, y para el funcionamiento del laboratorio de humedad únicamente es imperioso ejecutar ciertas adecuaciones pues sus instalaciones han sido desarrolladas cumpliendo las recomendaciones en cuanto a los factores críticos y especificaciones de la infraestructura física que le permiten prestar servicios de calibración de alta calidad metrológica.

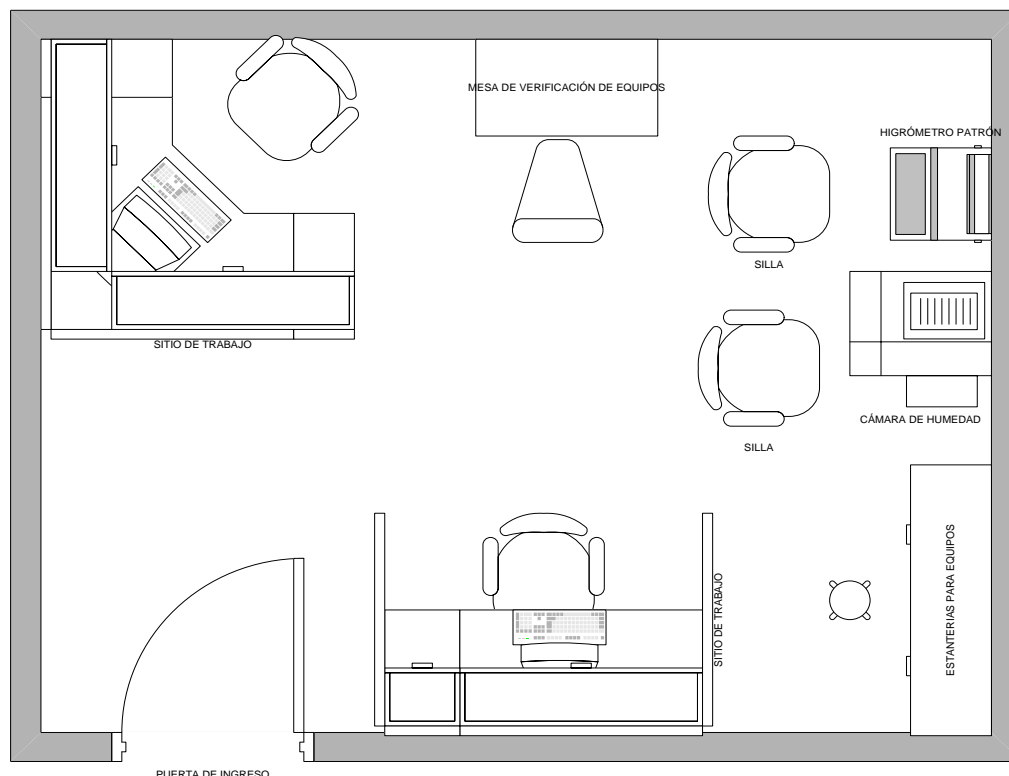


Gráfico 18. Distribución del laboratorio de Humedad.

El gráfico anterior refleja la distribución general del laboratorio de humedad, que consta de las respectivas áreas de calibración empleando los equipos adecuados como lo son la cámara generadora de humedad y el higrómetro patrón, además de los sitios de trabajo que utiliza el personal, para el tratamiento de datos y elaboración de certificados y documentos; así como también las estanterías para el almacenamiento temporal de los equipos que están en proceso de calibración.

4.3. ESTUDIO DE FACTIBILIDAD

4.3.1. INTRODUCCIÓN

El presente apartado detalla los recursos imperiosos para llegar a conseguir con éxito los objetivos planteados en el presente proyecto, el cual se encuentra condicionado al grado ejecución en los aspectos operativo, técnico y económico, tildados como elementales para alcanzar buenos niveles de desempeño del laboratorio.

Este estudio proporciona información muy valiosa para el desarrollo del proyecto, está desarrollado considerando básicamente el modelo propuesto en el libro Evaluación de Proyectos de Gabriel Baca Urbina, adoptando la mejor opción para

su implementación una vez que se ha determinado los objetivos de la organización, y verificar que el proyecto contribuya al beneficio general del centro empleando los recursos necesarios.

Seguidamente se presentan varios objetivos que establecen la factibilidad del proyecto.

- Reducción de costos al conseguir la optimización de recursos.
- Reducción de tiempo de procesamiento y realización de trabajos.
- Aumento de precisión en procesos y reducción de errores.
- Estandarización de todos los departamentos y sistemas del centro.
- Innovación y mejora de la atención al cliente.
- Sistematización adecuada de técnicas manuales.
- Optimización en la adquisición y procesamiento de datos.

En el área de calibraciones es indispensable considerar los recursos requeridos para ejecutar las mismas, que además son vinculados al talento humano que actúa mientras funciona el proyecto, identificándose las actividades que son ineludibles para obtener el objetivo, evaluándolas y estableciendo todo aquello a ejecutar.

Finalmente en el área económica se establecen los recursos económicos y financieros requeridos para implementar el laboratorio. ⁸

4.3.2. ANTECEDENTES Y JUSTIFICACIÓN

El Centro de Metrología del Ejército Ecuatoriano requiere ampliar sus servicios de calibración en la magnitud de humedad, para poder brindar a todos sus clientes un trabajo de calidad bajo normativa internacional, y fortalecer el desempeño en las magnitudes que dispone actualmente.

La industria del país dispone de aparatos electrónicos de última tecnología que son empleados en los procesos de producción y que de acuerdo a las recomendaciones de los fabricantes y a las normas técnicas requieren de un proceso de calibración y mantenimiento habitual, para conservar el adecuado estado de funcionamiento que garantice el cumplimiento efectivo de sus funciones particulares.

⁸ Evaluación de Proyectos.

Como se indicó anteriormente las empresas industriales en general deben disponer de un responsable control de calidad de sus productos que tendrá sus consecuencias al evitar pérdidas que incuestionablemente perturbarían su capacidad de competencia y estabilidad en el mercado.

4.3.3. OBJETIVOS

4.3.3.1. GENERAL

Mediante la implementación del Laboratorio de Humedad se obtendrá una excelente explotación del talento humano y de los recursos materiales, financieros y económicos del Centro de Metrología del Ejército Ecuatoriano y además disponer de una tecnología de vanguardia para calibrar equipos electrónicos de medición de humedad, para así servir y apoyar a la industria nacional en ésta área tan primordial que no ha gozado del impulso preciso.

4.3.3.2. ESPECIFICOS

- Contribuir al adelanto del país.
- Impedir la salida de divisas por calibración de instrumentos electrónicos.
- Mejorar el servicio de calibración que brinda el centro.
- Instruir al personal técnico en ésta importante magnitud.
- Promover el desarrollo tecnológico en humedad, permitiendo que profesionales, estudiantes, y técnicos ecuatorianos realicen prácticas y observaciones en nuestros laboratorios.

4.3.4. ESTUDIO DE MERCADO

4.3.4.1. INTRODUCCIÓN.

El estudio de mercado constituye un paso previo para iniciar un proyecto, y por medio de éste es posible determinar el ámbito en el cual se va a operar.

Este instrumento servirá para disponer de una noción precisa de la cantidad de clientes que requieren del servicio que se plantea proporcionar dentro de un

espacio definido, durante un período de mediano plazo y a un precio establecido. Por medio de éste se obtendrán las características y especificaciones del servicio, que se relacionan a aquellas que el cliente necesita. Además se obtiene información sobre el tipo de clientes interesados en el servicio, lo que permitirá alinear la calidad del mismo.

Al realizar este procedimiento al iniciar un plan de inversión, proporciona fundamentos sobre el tamaño de la organización a emplazar, con las previsiones convenientes para las ampliaciones futuras, como consecuencia de su crecimiento.

Es necesario emplear toda la información existente, ya sea primaria que es aquella investigada puntualmente por el interesado, la cual se obtiene de entrevistas y encuestas a los clientes existentes o potenciales, ejecutadas con una categorización de preguntas previamente canalizadas para incluir una perspectiva objetiva de puntos exactos de sus intereses, y conseguir una respuesta concreta sobre aquellos contextos que ayuden a implantar esas características primordiales del servicio a suministrar; o asimismo se utiliza información obtenida de organismos estatales o no, que se encuentran vinculados al servicio de calibraciones. Luego de esto se realiza el análisis de la información y se determina las conclusiones respectivas.

Para todo esto, se debe tener en cuenta que los productos y los servicios cumplen un ciclo producido por la respuesta del cliente, el cual contempla las siguientes etapas:

- Introducción.
- Crecimiento.
- Madurez.
- Saturación.
- Abandono.

Es importante determinar que algunos servicios no tienen necesariamente el ciclo indicado, sin embargo se debe tener presente el comportamiento del cliente.

Además son factores primordiales:

La Oferta. Contempla la cantidad de bienes o servicios que se colocan a disposición del público consumidor en establecidas cantidades, lugar, tiempo y precio, para que el público los adquiera una vez que ha considerado aquellos.

Se debe conocer la oferta que se pretende ingresar al comercio, ya que está estipulada por argumentos de especialización o por factores geográficos, presentándose variadas realidades como monopolios, en donde consta un solo ofertante local, lo que conlleva a que puede imponer los precios de acuerdo a sus intereses, sin preocuparse por competencia inexistente; o por el contrario pueden haber muchos ofertantes locales y externos.

Estos ofertantes se preocupan siempre por su actualización, a fin de no quedar caducos en cuanto a oportunidad, volumen, precio y principalmente en calidad.

No se puede descartar que al inicio, el futuro inversionista note la inconveniencia de proseguir y por tanto el estudio le habrá permitido obtener información para no exponerse en un proyecto que posiblemente resultará improductivo. La decisión que adopte no obedecerá únicamente a la intervención en un mercado abierto, sino que puede orientarse a fragmentar un monopolio local, que presentará su grado de dificultad, pero se puede lograr. Situación que no se suscitará, si deseara competir con un gran monopolio estatal cuya razón comúnmente es social y no corresponde la dinámica del mercado.

La demanda. Es aquella respuesta al conjunto de bienes o servicios ofrecidos a un precio determinado, en un lugar específico y que los potenciales clientes están prestos a obtener en tales circunstancias.

Determinar la demanda es uno de los objetivos del estudio de mercado, ya que es sumamente necesario conocer la cantidad de clientes dispuestos a adquirir los bienes o servicios, a un precio fijado, acorde a la realidad del mercado.

La diferencia entre la demanda esperada y la oferta que proporcionan las empresas, determina la existencia o no de un lugar en el mercado para una nueva

empresa. Diferencia que proyecta el volumen de producción o de prestación de servicios inicial, a ser evaluado, para definir si es factible y rentable invertir para satisfacer esa demanda.

La calidad está íntimamente afectada por los materiales empleados en la producción de bienes o servicios, representa un papel de esencial importancia y se refleja en el nivel de satisfacción que obtiene el cliente, por lo cual estará dispuesto a pagar un poco más por conseguirla. La calidad también se enfatiza en la presentación del producto y servicios posventa.

4.3.4.2. DEFINICIÓN DEL PRODUCTO.

Uno de los desafíos fundamentales de la ingeniería actual es alcanzar una eficiencia absoluta en los procesos de producción, implantando nuevos productos y servicios que satisfagan los requerimientos de una clientela mucho más inflexible.

El Centro de Metrología del Ejército Ecuatoriano (CMEE) por medio de la implementación de un LABORATORIO DE HUMEDAD, prestará servicios de calibración para higrómetros, a las empresas e instituciones que tengan estos equipos, empleando patrones de calibración, trazables a patrones internacionales y de esta forma apoyar al progreso del país.

Un factor importante de considerar, será el cumplimiento estricto de la norma NTE INEN ISO/IEC 17025:2006.

4.3.4.3. ANÁLISIS DE LA DEMANDA.

4.3.4.3.1. DISTRIBUCIÓN GEOGRÁFICA DEL MERCADO DE CONSUMO

Las diferentes instituciones y el sector industrial del Ecuador se hallan distribuidos a todo lo largo y ancho del territorio nacional, siendo potenciales clientes de éste laboratorio, muchas de aquellas instituciones y empresas de los campos: textil, floricultor, alimenticio, automotriz, de pinturas y todas aquellas que persigan mantener la humedad en sus procesos dentro de límites establecidos.

El análisis presentado es carácter local y abarca varias empresas que por ser clientes asiduos del Centro de Metrología, merecen ser consideradas.

El siguiente cuadro presenta una base de datos de las instituciones y empresas que podrían ser clientes del laboratorio de humedad, pues tienen procesos con humedad controlada y se encuentran distribuidas en los diferentes sectores especificados; la fuente de esta información es la base de datos de clientes del CMEE, que han solicitado servicios de calibración en ésta área, y son los siguientes:

LABORATORIOS ANALÍTICOS
ACCES-LAB
CESTTA-ESPOCH
GRUPO QUÍMICO MARCOS
CORPLAB
FACULTAD DE INGENIERIA CIENCIAS UCE
INIAP ESTACIÓN DEL LITORAL SUR
INSPECTORA DEL ECUADOR
INSTITUTO NACIONAL DE HIGIENE Y MEDICINA GENERAL
LABOLAB
LABORATORIOS HAVOC
LABORATORIOS MOSQUERA
UBA ANALYTICAL LABORATORIES
UNIVERSIDAD DE GUAYAQUIL
UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO "LACONAL"
WYETH
PUCE
LABORATORIOS UMWELT

INSTITUCIONES ESTATALES Y DE SERVICIOS
INSTITUTO NACIONAL DE PATRIMONIO CULTURAL
MUNICIPIO DEL DISTRITO METROPOLITANO DE QUITO
SERVITAE CIA. LTDA.
SGS. DEL ECUADOR S.A.
MUSIC AND PROGRAMS 3 MUSICPROG CIA. LTDA.
EMPRESA ELÉCTRICA QUITO
INTERAGUA

LABORATORIOS FARMACÉUTICOS
BAXTER ECUADOR
DIAGNOFARM

LATINOMEDICAL LABORATORIOS EXDELA
NETLAB
NIFA
ROCHE ECUADOR S.A.

EMPRESAS CONSTRUCTORAS
ACERICA DEL ECUADOR C.A.
CONDUTO ECUADOR S.A.
ETAPA
PROYECTOS INTEGRALES
SANTOS C.M.I.
SAURUS ECUADOR CIA. LTDA.

LABORATORIOS AMBIENTALES
ABRUS
EISMASTER CIA. LTDA.
IPGM SERVICIOS AMBIENTALES CIA. LTDA.
VGMS
SINCLAIR SUNCHEMICAL ECUADOR S.A.

PROVEEDORES DE EQUIPAMIENTO INDUSTRIAL
BALCK GOLD
DISETEC
MARESA
CHAIDE Y CHAIDE S.A.

INDUSTRIA DE PRODUCTOS QUIMICOS, Y DE CONSTRUCCIÓN
CHEMENG
EDESA
INDUSTRIAS GUAPAN
INSELECTRIC

EMPRESAS DE ALMACENAMIENTO Y DISTRIBUCIÓN
DISTRIBUCIÓN LOGISTICA INTEGRAL
INTEGRATED LOGISTEC SERVICES
LODISAL
LOGISTECSA

LABORATORIOS DE CALIBRACIÓN
METROLOGIC
TECNIPRESICION

AVIACIÓN Y LÍNEAS AÉREAS
TAME
AEROLANE
DIAF

LABORATORIOS CLÍNICOS
CENTRO MÉDICO ASDRUBAL DE LA TORRE
LABORATORIOS LAZO

SERVICIOS DE CONSULTORIA
SMARTPRO S.A.
LABORATORIOS P.S.I

EMPRESAS ATUNERAS
MANABITA DE COMERCIO
MARBELIZE

FÁBRICA DE DULCES Y NUTRICIONALES
NESTLE ECUADOR S.A.
SYLVER MIEL S.A.

INDUSTRIAS METALMECANICAS
ACERO DE LOS ANDES
NOVACERO S.A.

LABORATORIO AGRÍCOLA
AGROBIOLAB CIA. LTDA.

SERVICIOS E INSPECCIÓN PETROLERA
INSEPECA

EMPRESA DE HIDROCARBÚROS
PETROAMAZONAS

FÁBRICA DE COSMÉTICOS
YANBAL

Cuadro 4. Instituciones y empresas nacionales, clientes potenciales.

Este análisis de mercado emplea un método inductivo pues la investigación es realizada en las mencionadas instituciones y empresas, por medio de la recopilación de datos, utilizando la técnica de la encuesta siendo el formato del cuestionario, el que se detalla en el Anexo “A”.

La información obtenida ha sido del personal técnico responsable de este campo en cada institución o empresa, ha sido analizada minuciosamente y valorada a fin de determinar la factibilidad de implementar el laboratorio de humedad en el CMEE.

4.3.4.3.2. COMPORTAMIENTO HISTÓRICO DE LA DEMANDA.

Existe gran cantidad de empresas que se encuentran vinculadas a la humedad, ya sea porque sus procesos productivos deben realizarse bajo condiciones controladas incluyendo a la humedad o también debido a que constituye un factor decisivo en sus procesos pues podrían haber fuertes pérdidas económicas el momento en el cual éste factor se encuentre fuera de los límites permisibles. Éstas empresas, disponen de equipos de humedad que no se han calibrado durante largo tiempo por diferentes circunstancias, y por tanto, como se ha comprobado por medio de la encuesta ejecutada, son instrumentos que son empleados sin tener la certeza de que sus lecturas son realmente verdaderas o se encuentran dentro de las especificaciones del fabricante, todo por no disponer de un laboratorio que provea de éste servicio de manera rápida y eficaz. Por esta razón las instituciones y empresas pueden ser afectadas en su potencial operativo.

Debido al panorama planteado es necesaria tomar una posición activa, por lo que éste Centro de Metrología ha visto necesario realizar un análisis situacional, para la implementación de este laboratorio.

Actualmente, por la fuerte competitividad es básico para las instituciones y empresas, dotarse de sistemas de control de calidad mediante los cuales

alcancen los estándares internacionales, promoviendo su progreso en todos los campos.

La información sobre la demanda de éste servicio es bastante limitada, por las circunstancias analizadas y es por tanto que se realiza este estudio, precisamente para determinar la factibilidad de implementación de este laboratorio en las instalaciones del Centro de Metrología del Ejército Ecuatoriano.

4.3.4.3.3. TABULACIÓN DE INFORMACIÓN DE LAS FUENTES

Luego de haber ejecutado la encuesta planteada a muchas instituciones y empresas significativas del ámbito industrial, y de las cuales ha sido bastante complicado conseguir información valiosa para la investigación, por la falta de colaboración y al hermetismo por el celo empresarial; se han logrado resultados que muestran la cantidad de instrumentos relacionados que se podrían calibrar en el Centro de Metrología, específicamente en el Laboratorio de humedad; y son éstos los termohigrómetros que se detallan en el siguiente cuadro:

ORD.	EMPRESA	CANTIDAD
1	ABRUS	3
2	ACCES-LAB	3
3	ACERICA DEL ECUADOR C.A.	1
4	ACERO DE LOS ANDES	2
5	AEROLANE	3
6	AGROBIOLAB CIA. LTDA.	1
7	BLACK GOLD	2
8	BAXTER ECUADOR	1
9	CENTRO DE METROLOGÍA DEL EJÉRCITO ECUATORIANO	9
10	CENTRO MÉDICO ASDRUBAL DE LA TORRE	2
11	CESTTA-ESPOCH	7
12	CHAIDE Y CHAIDE S.A.	1
13	CHEMENG	3
14	CONDUTO ECUADOR S.A.	11
15	CORPLAB	7
16	DIAF	2
17	DIAGNOFARM	1
18	DISETEC	1
19	DISTRIBUCIÓN LOGISTICA INTEGRAL	10
20	EDESA	1
21	EISMASTER CIA. LTDA.	8

22	EMPRESA ELÉCTRICA QUITO	1
23	ETAPA	1
24	HOSPITAL GENERAL No. 1	11
25	GRUPO QUÍMICO MARCOS	3
26	INDUSTRIAS GUAPAN	1
27	INIAP ESTACIÓN DEL LITORAL SUR	5
28	INSELECTRIC	5
29	INSEPECA	2
30	INSPECTORA DEL ECUADOR	5
31	INSTITUTO NACIONAL DE HIGIENE Y MEDICINA GENERAL	9
32	INSTITUTO NACIONAL DE PATRIMONIO CULTURAL	3
33	INTEGRATED LOGISTEC SERVICES	2
34	INTERAGUA	8
35	IPGM SERVICIOS AMBIENTALES CIA. LTDA.	2
36	LABOLAB	4
37	LABORATORIOS HAVOC	8
38	LABORATORIOS LAZO	1
39	LABORATORIOS MOSQUERA	2
40	LABORATORIOS P.S.I	4
41	LABORATORIOS UMWELT	3
42	LATINOMEDICAL LABORATORIOS EXDELA	8
43	LODISAL	1
44	LOGISTECSA	9
45	MANABITA DE COMERCIO	2
46	MARBELIZE	5
47	MARESA	1
48	METROLOGIC	1
49	MUNICIPIO DEL DISTRITO METROPOLITANO DE QUITO	3
50	MUSIC AND PROGRAMS 3 MUSICPROG CIA. LTDA.	1
51	NESTLE ECUADOR S.A.	1
52	NETLAB	3
53	NIFA	1
54	NOVACERO S.A.	2
55	PETROAMAZONAS	6
56	PROYECTOS INTEGRALES	1
57	PUCE	4
58	ROCHE ECUADOR S.A.	4
59	SANTOS C.M.I.	1
60	SAURUS ECUADOR CIA. LTDA.	1
61	SERVITAE CIA. LTDA.	4
62	SGS. DEL ECUADOR S.A.	4
63	SINCLAIR SUNCHEMICAL ECUADOR S.A.	1
64	SMARTPRO S.A.	1
65	SYLVER MIEL S.A.	2
66	TAME	10

67	TECNIPRESION	1
68	UBA ANALITYCAL LABORATORIES	1
69	UNIVERSIDAD DE GUAYAQUIL	12
70	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO "LACONAL"	3
71	VGMS	1
72	WYETH	1
73	YANBAL	3
	TOTAL	258

Cuadro 5. Número de termohigrómetros que poseen las empresas.

Las instituciones y empresas, han realizado un proceso para la compra de los instrumentos, orientado en el tipo de sensor, la utilidad específica, soporte técnico, condiciones de empleo, y costo, entre otros; los mismos que son exclusivos según el campo empresarial, pues éstos son empleados en laboratorios clínicos, universidades, florícolas, industria de alimentos, industria textil, industria cerámica, industria gráfica y en todas aquellas áreas donde influye la humedad.

El siguiente gráfico presenta los instrumentos de humedad que existen en las industrias:

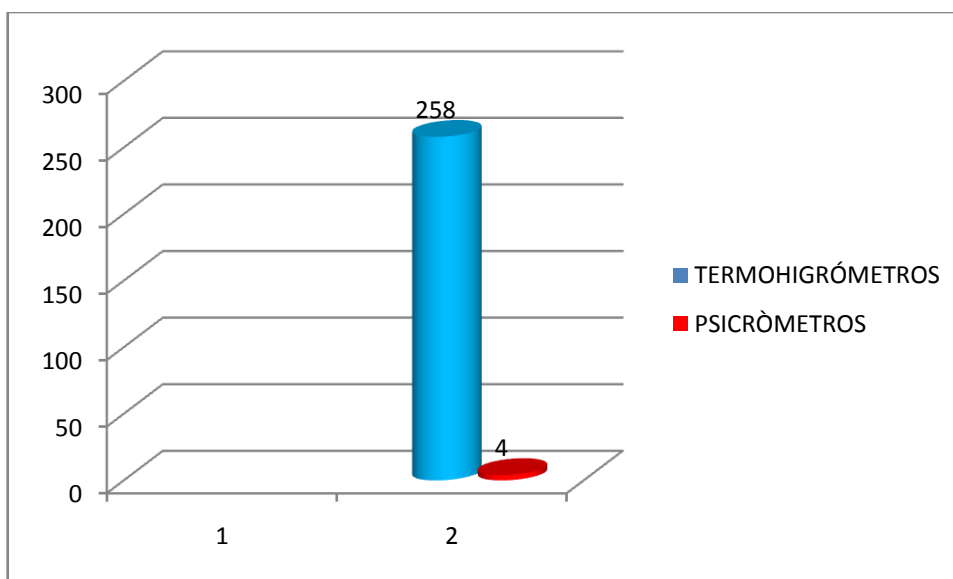


Gráfico 19. Instrumentos de humedad.

Por medio de la investigación realizada la cual fue canalizada por la encuesta y entrevistas con las personas responsables del área en cada empresa, se consiguió establecer que los instrumentos son adquiridos preferentemente con certificados de calibración conferidos por laboratorios acreditados bajo la norma NTE INEN ISO/IEC 17025:2006, y que conjuntamente vienen con el respaldo técnico de los proveedores. Es por ésta razón que éstas instituciones y empresas requieren del servicio de calibración de termohigrómetros brindado por un laboratorio de calibraciones del país.

Mediante una robusta implementación de normas de calidad como la ISO 9001, ISO 17025, ISO 14000, entre otras, enfocadas a obtener entornos adecuados para la producción, tanto en las empresas como en laboratorios químicos y ambientales; en un futuro cercano se contará con sistemas de calidad que garanticen a los clientes que los productos que consumen han sido elaborados bajo estándares de calidad internacional para su beneficio total.

Otra información importante es la obtenida en cuanto a la frecuencia de calibración de los equipos, la cual se encuentra representada en el siguiente gráfico, y se puede determinar que el período de calibración óptimo es de seis meses, en vista que es necesario verificar que el equipo conserva sus cualidades metrológicas intactas para prestar una adecuada operación.

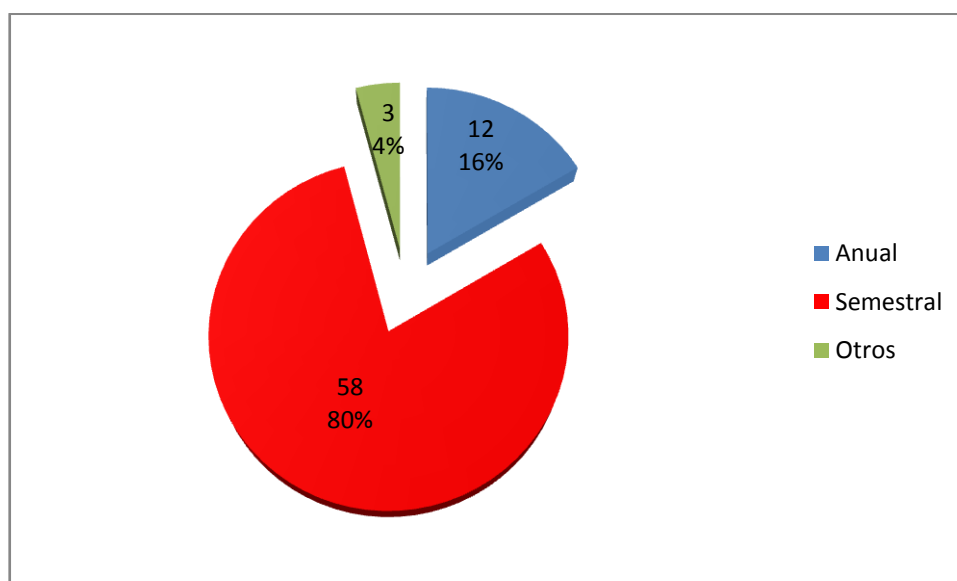


Gráfico 20. Períodos de calibración.

Además en la encuesta se consultó a las empresas, que si el CMEE implementara un laboratorio de humedad, harían uso de este servicio; obteniendo un alto porcentaje de aceptación, pues, tan sólo una empresa encuestada manifestó que no, en virtud que ya hizo la calibración; esto es posible observar en el siguiente gráfico:

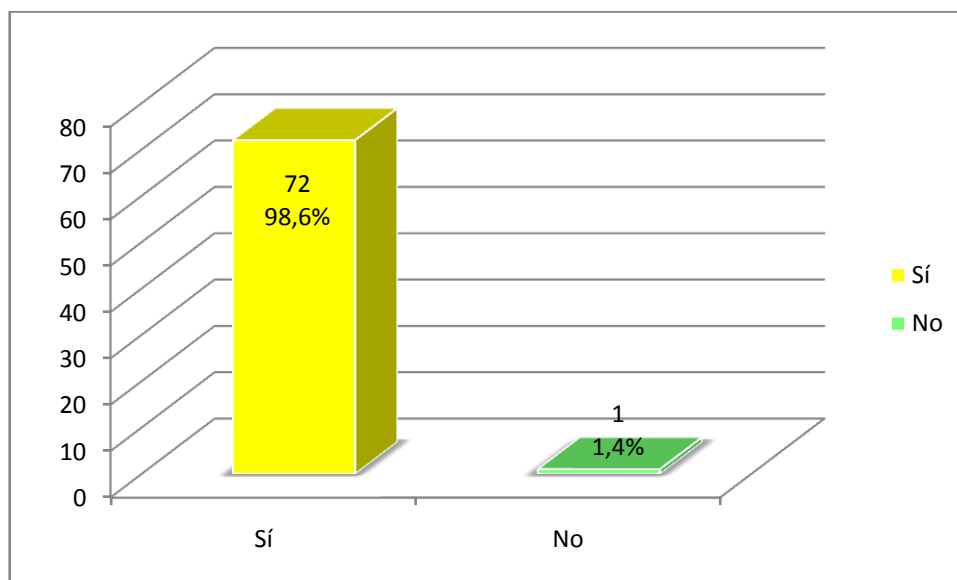


Gráfico 21. Empleo del servicio de calibración en humedad.

4.3.4.3.4. PROYECCIÓN DE LA DEMANDA.

La insuficiencia de sistemas y procedimientos de verificación y evaluación en nuestro país, trae como consecuencia que varias empresas realicen productos o servicios de baja calidad, que perjudican a los consumidores, los mismos que no encuentran satisfacción con el servicio o producto adquirido.

Con el fin que exista calidad es necesario contar con una base de referencia ante la cual se ejecute un riguroso control de calidad de los productos y servicios, control que debe cumplirse en función de mediciones, realizadas con instrumentos o equipos anticipadamente calibrados.

En la actualidad los clientes buscan productos y servicios de calidad, es por tanto que se ha venido instituyendo, que la empresa productora debe cumplir al menos con la norma internacional ISO-9001, la cual impulsa el cumplimiento de

requisitos o especificaciones con el fin de satisfacer las necesidades y expectativas que tienen los clientes nacionales e internacionales, y que además le permite a la empresa mantenerse dentro del mercado altamente competitivo.

Desde hace varios gobiernos se ha mantenido la tesis de apoyo al desarrollo de la industria en el país, por lo que se espera un crecimiento del número de las empresas, ya que el país lo requiere, y por tanto al demandar el cumplimiento de las normas internacionales y nacionales de calidad, tendrán que elegir los servicios de calibración de los laboratorios acreditados en el país; como consecuencia de esto se propone en el siguiente cuadro, una proyección de la demanda, también tomando en cuenta un incremento anual del 4.5%, dato tomado de los índices previstos de crecimiento del sector servicios a empresas, suministrado por el Banco Central del Ecuador:

INSTRUMENTO	2011	2012	2013	2014	2015	2016
Termohigrómetros	258	270	282	294	308	322
Psicrómetros	4	4	4	4	4	4
Total	262	274	286	298	312	326

Cuadro 6. Proyección de la demanda

4.3.4.4. ANÁLISIS DE LA OFERTA.

4.3.4.4.1. CARACTERÍSTICAS DE LOS PRESTADORES DEL SERVICIO.

Los laboratorios internacionales que prestan el servicio de calibración de higrómetros presentan características similares a las que son detalladas a continuación:

Capacidad de medición.

- Higrómetro digital: 0 a 100 %HR.

Puntos fijos.

- Conjunto de higróstatos de sales saturadas:
- Humedad relativa en aire:

7, 11, 23, 33, 54, 75, 85, 95 y 98 %HR.

- Contenido de humedad en madera:

7, 15 y 26 %H₂O.

Patrones de transferencia.

- Higrotermómetro patrón digital, tipo capacitivo con sensor RTD.

Servicios de calibración.

- Calibración de higrómetros patrón digitales, tipo resistivo o capacitivo.
- Calibración de higrotermómetros patrón digitales, resistivos o capacitivos.
- Calibración de higrómetros e higrotermómetros ordinarios, analógicos, con sensor de cabello o cinta higroscópica y digitales con sensor resistivo o capacitivo.
- Calibración de psicrómetros de bulbo húmedo & seco, aspiración natural o aspiración forzada, con termómetros de líquido en vidrio o digitales.
- Calibración de meteorómetros, humedad ambiental y temperatura ambiente, analógicos o digitales.
- Calibración de higrómetros para madera, analógicos o digitales, resistivos por conductancia o capacitivos por dieléctrico.
- Calibración de generadores de humedad y cámaras climáticas.

Estas son las características principales y los servicios que en definitiva serán prestados, a quienes requieran de ellos en el laboratorio de humedad; dentro de los principales laboratorios extranjeros tenemos al Centro Nacional de Metrología de México, el Instituto Nacional de Metrología de Brasil y de la Asociación de Metrólogos Asociados de México.

También en el Ecuador, existe el INEN que presta este servicio, a equipos de similares características a las detalladas anteriormente.

La implementación del laboratorio de humedad constituye un desafío para el Centro de Metrología del Ejército Ecuatoriano, mediante el cual podría proporcionar éste importante servicio a todos sus potenciales clientes.

4.3.4.4.2. PROYECCIÓN DE LA OFERTA.

Cada día se da un paso a favor de la metrología, pues el cliente se concientiza de la calidad que debe exigir a los productores de los artículos que consume, la cual sólo se puede conseguir con un control de calidad especializado, que será siempre realizado empleando instrumentos de medición calibrados, que garanticen la veracidad de sus medidas; es por esto que las entidades vinculadas al campo de Metrología como los laboratorios de calibración y las diferentes universidades del país, en su aspiración de brindar servicios misceláneos y de calidad, implementen y ofrezcan el servicio de calibración de higrómetros, para que las empresas e instituciones puedan enviar sus termohigrómetros e higrómetros a calibrar, a fin de mantener controlado este parámetro, dentro de sus procesos productivos.

4.3.4.5. ANÁLISIS DE PRECIOS.

Se ha realizado un análisis de precios de servicios afines, fundamentalmente los proporcionados por el Centro Nacional de Metrología de México, de Colombia y del INEN, adicionalmente considerando el trabajo a realizar de acuerdo a los procedimientos que ejecutaría el Centro de Metrología del Ejército Ecuatoriano, llegándose a establecer que un precio medio por la calibración de un higrómetro en tres puntos, ascendería a un monto de sesenta dólares americanos, dependiendo además de la complejidad debida a la naturaleza del instrumento o requerimiento de puntos adicionales especificados por el cliente.

Una vez realizadas las respectivas consultas a los laboratorios metrológicos nacionales sobre los valores por servicio de calibración, de los cuales el que mayor influencia ha tenido es el del INEN de sesenta dólares, por ser contraparte nacional y considerando que es adecuado, teniendo datos además del CENAM (México) con un valor de 796 dólares, el INMETRO (Brasil) con 200 dólares, y el Metrocal (Colombia) con 212 dólares.

4.3.4.6. IMPORTACIONES DEL SERVICIO.

De acuerdo a la necesidad y disponibilidad de tiempo y recursos, las instituciones y empresas optan por el envío de sus equipos a calibración en laboratorios

acreditados del exterior, siendo ésto, en muchos casos un impedimento como consecuencia del excesivo tiempo que demora, y por la complejidad de los trámites en que se incurre.

El Centro más significativo que presta el servicio de calibración de éstos instrumentos es el Centro Nacional de Metrología de México (CENAM), luego el Instituto Nacional de Metrología de Brasil (INMETRO), y el laboratorio de Metrología de Metrólogos Asociados (Metas) de México, los cuales se detallan en la siguiente matriz:

SERVICIOS DE CALIBRACIÓN DEL CENTRO NACIONAL DE METROLOGÍA DE MÉXICO		
DESCRIPCIÓN	ALCANCE	INCERTIDUMBRE
Calibración de medidores digitales de humedad relativa en tres puntos.	Intervalo: 10 % HR a 95 % HR a una temperatura seleccionada en el intervalo de 5°C a 70 °C.	Incertidumbre: 0,6 % HR a 2,0 % HR, depende del instrumento bajo calibración.
SERVICIOS DE CALIBRACIÓN DEL LABORATORIO DE METROLOGÍA DE METAS (MÉXICO)		
Calibración de higrómetros patrón digitales, tipo resistivo o capacitivo.	Intervalo: 0 % HR a 100 % HR	Incertidumbre: 1,4 % HR
SERVICIOS DE CALIBRACIÓN DEL INSTITUTO NACIONAL DE METROLOGÍA DE BRASIL (INMETRO)		
Calibración de medidores de humedad relativa.	Intervalo: 10 % HR a 98 % HR a una temperatura en el intervalo de 10°C a 95 °C.	Incertidumbre: depende del instrumento bajo calibración.

Cuadro 7. Servicios relacionados que prestan varios centros metrológicos en América.

4.3.4.7. CANALES DE COMERCIALIZACIÓN Y DISTRIBUCIÓN DEL PRODUCTO.

4.3.4.7.1. DESCRIPCIÓN DE LOS CANALES DE DISTRIBUCIÓN.

Hace mucho tiempo el Centro de Metrología del Ejército Ecuatoriano, ha prestado servicios de calibración de instrumentos de medición a un gran número de empresas bien sea del sector privado como del sector público, labor que ha cumplido con excelencia, y se ha mantenido con esa notoria reputación tanto nacional como internacional con la que es reconocido. Es por ésta razón que las compañías reconocen la calidad del trabajo que se proporciona y emplean a este Centro optando por los servicios que facilita.

El trabajo de investigación realizado por medio de la encuesta ha dado pautas, para determinar que numerosas empresas saben de los servicios prestados por el Centro, sin embargo no estaría por demás ejecutar una fuerte acción de marketing a fin de promocionar más concretamente los beneficios que obtendrían al escoger estos servicios, los que básicamente son ejecución del trabajo en forma eficiente y a un tiempo muy corto.

Puntualmente para calibración de higrómetros presentes en el mercado se ha estimado que emplearán el servicio del laboratorio de humedad, dos veces durante el año, considerando exclusivamente los instrumentos de los cuales se dispone de referencias, sin tener en cuenta las empresas que no fueron consideradas en la encuesta, las mismas que representan la gran mayoría. Por esto, se aprecia tener un total de 524 potenciales calibraciones de instrumentos pertenecientes a clientes que soliciten el servicio acorde a la siguiente distribución mensual durante el año:

INSTRUMENTO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
Termohigrómetros	10	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	09
Psicrómetros		1		1		1		1			1	
Total	10	51	50	51	50	51	50	51	50	50	51	09

Cuadro 8. Estimación mensual de calibraciones de higrómetros y psicrómetros.

4.3.5. ESTUDIO TÉCNICO

4.3.5.1. TAMAÑO DEL PROYECTO

El Laboratorio de Humedad constituye en sí una ampliación del Centro de Metrología del Ejército Ecuatoriano, realizando la adecuación respectiva para su funcionamiento adecuado con la adquisición de los equipos necesarios, la capacitación del personal técnico, la implementación de su sistema de gestión, la implementación de sus procedimientos de calibración y operación que permitirán brindar un servicio de calidad amparado en la norma NTE INEN/IEC 17025.

Hoy por hoy el Centro de Metrología del Ejército Ecuatoriano dispone de infraestructura adecuada tanto técnica como estratégica, para trabajar eficientemente en beneficio de todos y cada uno de sus usuarios.

Al poner en funcionamiento este importante laboratorio con los dos puestos de trabajo, se pretende abarcar la demanda real que existe, y además la demanda proyectada para los próximos cinco años, asimismo se proyecta la especialización de los técnicos en humedad para que puedan demostrar su competencia técnica mediante sus conocimientos, habilidades y experiencia para proporcionar servicios eficaces y adecuados.

4.3.5.2. UBICACIÓN DEL PROYECTO

El Laboratorio de Humedad formará parte de las instalaciones del Centro de Metrología del Ejército Ecuatoriano, que está situado en el sector norte la ciudad de Quito de la provincia de Pichincha, en la Av. Los Pinos E5-107 y Manuel Cabeza de Vaca.

Las instalaciones descritas poseen la infraestructura básica y principalmente la técnica, al haber sido construidas bajo las recomendaciones descritas en el apartado de diseño de laboratorios de metrología, además cuenta con un sistema de climatización que provee de condiciones ambientales apropiadas para la ejecución de las calibraciones y se puede disponer de personal técnico capacitado en metrología que únicamente requeriría de la especialización en el área de humedad. También su ubicación es privilegiada al encontrarse muy cerca de las instalaciones industriales de la provincia en general que requieren de este servicio de calibración.

4.3.5.3. INGENIERIA DEL PROYECTO

El Centro de Metrología del Ejército Ecuatoriano se encuentra funcionando conscientemente, y por tanto dispone de una organización instaurada que cumple sus responsabilidades y compromisos, apoyando al desarrollo nacional.

El Laboratorio de Humedad se encontraría bajo responsabilidad absoluta del Departamento Técnico, pero es necesario recalcar que el Departamento de Gestión de Calidad se encuentra siempre vigilante del cumplimiento del sistema de gestión de calidad que permite ejecutar un servicio excelente a nuestros clientes; y además éste laboratorio funcionará con los recursos que le provea el Departamento administrativo al cumplir eficientemente su función.

La industria en general posee equipos de medida electrónicos que son muy precisos, son diseñados y contruidos para operar en un rango establecido y nivel de tolerancia limitado, razón suficiente para determinar programas de calibración periódica que consiguen conservarlos entre límites admisibles, a fin de que las mediciones realizadas con estos sean altamente confiables.

El Centro de Metrología del Ejército Ecuatoriano tiene establecido un procedimiento para la manipulación de equipos e instrumentos que ingresan a calibración, el cual se sintetiza a continuación:

- Ingreso del equipo o instrumento materializando la orden de trabajo.
- Ingreso del equipo al laboratorio/bodega.
- Asignación del técnico que realizará la calibración.
- Se realiza el diagnóstico de calibración.
- Se ejecuta el procedimiento de calibración del equipo.
- Se realiza el control de calidad del equipo calibrado, si no pasa retorna a calibración para verificar los resultados.
- Si el equipo pertenece al centro, se actualiza la hoja de vida.
- Se entrega a la bodega para su retiro por parte del cliente.

Para la implementación del Laboratorio de humedad se seleccionaron básicamente un higrómetro y una cámara generadora de humedad estabilizada cuyas especificaciones técnicas se detallan en el diseño del laboratorio, dentro de los equipos a ser utilizados. Por otra parte y con el fin de confirmar o modificar lo que se ha planteado, es fundamental que técnicos metrólogos ejecuten

observaciones en centros metroológicos mayores al nuestro y realicen pasantías para conseguir una adecuada capacitación en el área de humedad.

Es necesario mencionar también la exigencia a las casas proveedoras de los equipos de la capacitación al personal técnico sobre la manipulación, operación, calibración y mantenimiento preventivo y correctivo de los equipos adquiridos.

El personal seleccionado para trabajar en el laboratorio deberá cumplir con la cualificación respectiva de acuerdo a las políticas establecidas en el centro, a fin de que demuestre su amplia competencia técnica para el cumplimiento de sus funciones.

Además de lo mencionado, se ha desarrollado el procedimiento de calibración para higrómetros, el cual será empleado en el laboratorio en forma estándar, es decir en única forma, por el personal capacitado para el efecto. Este procedimiento se lo presenta en el Anexo “B”, y describe detalladamente la manera de realizar la calibración de estos equipos.

4.3.6. ESTUDIO ECONÓMICO

Mediante el presente análisis económico, que sigue el modelo planteado en libro Evaluación de Proyectos de Gabriel Baca Urbina, se determina el monto económico requerido para la implementación del proyecto, también el costo total de la operación del laboratorio incluyendo funciones de producción, administración y ventas, así como otros factores que se emplearán para una evaluación económica inicial; constituyendo de esta forma una parte esencial que aporta con argumentos definitivos para la ejecución del proyecto.

4.3.6.1. DETERMINACIÓN DE LOS COSTOS DEL PROYECTO.

COSTOS DE PRODUCCIÓN DE SERVICIOS (cálculo anual) **COSTO DE MANO DE OBRA DIRECTA**

CANT.	POSICIÓN	MESES	VALOR	VALOR TOTAL
2	Técnico	12	590	14160
2	Remuneraciones Adicionales		854	1708
Total				15868

Cuadro 9. Costos de mano de obra directa

En el cuadro anterior se puede apreciar que el personal a emplearse es técnico y el trabajo que desarrolla es siguiendo instrucciones detalladas en el procedimiento, constituyendo un trabajo técnico rutinario, por lo que se lo ha categorizado de acuerdo a la Resolución SENRES 2005-00042 y al Acuerdo Ministerial MRL-2010-00022, como un Servidor Público de Apoyo 2 de grado 4, con una remuneración mensual unificada de 590 dólares.

Además acorde a la Ley Orgánica del Servicio Público en el título IX De las remuneraciones, en el capítulo I Unificación de las Remuneraciones, se considera la Décima tercera remuneración que equivale a la doceava parte de todas las remuneraciones que hubieren percibido durante el año calendario, es decir 590 dólares; y también la Décima cuarta remuneración que es una bonificación adicional anual equivalente a una remuneración básica unificada vigente de 264 dólares, rubros que están tomados en cuenta como remuneraciones adicionales.

COSTO DE INSUMOS Y MATERIALES

Dentro de los insumos y materiales que se consolidan en el siguiente cuadro, se ha establecido a los útiles de oficina, que básicamente es papel para elaboración de certificados, reportes de calibración, documentación del laboratorio entre otros, lo que se estima 524 certificados y reportes a un aproximado de cinco hojas, y en documentación se utilizarán doce resmas de papel a un costo de cuatro dólares, cuarenta y ocho dólares, y además tinta para la impresión, y estuches por un costo aproximado de sesenta y dos dólares, lo que suma los cien dólares.

El agua y luz que empleará el personal se ha estimado en cinco dólares mensuales, pues los equipos no tienen un elevado consumo y es un aproximado de consumo de dos personas, además de verificar el consumo general del centro. Para repuestos y suministros se ha colocado el valor de ochenta dólares, que es el valor del sensor del Termo Higrotermómetro patrón que es la pieza más sensible, que podría sufrir daño. No se estableció un monto mayor, en vista que los equipos serán nuevos y tienen su garantía técnica.

RUBRO	Valor
Varios Materiales	
Útiles de oficina	100
Agua	60
Luz	60
Repuestos y suministros	80
Total	300

Cuadro 10. Costos de insumos y materiales

El total de costos de producción de servicios es la suma total del costo de mano de obra directa, más el costo de insumos y materiales.

TOTAL DE COSTOS DE PRODUCCIÓN DE SERVICIOS..... 16168 DÒLARES

COSTOS DE ADMINISTRACIÓN

A fin de establecer los costos de administración se ha confeccionado el próximo cuadro, en el cual se consideran los combustibles y lubricantes para vehículo que dispone el CMEE, en el caso eventual de utilización, en virtud de ir a las instalaciones de algún cliente que solicite la revisión de su equipo o para emplearlo en adquisiciones de material para el laboratorio. El monto no es mayor, pues las salidas del laboratorio son escasas, y se ha previsto que únicamente el laboratorio realice un cambio de aceite y filtro del vehículo al año por un valor de cuarenta dólares y sesenta dólares para gasolina, lo que da como resultado los cien dólares que constan.

RUBRO	Valor
Materiales varios	
Combustibles y lubricantes	100
Otros gastos	
Total	100

Cuadro 11. Costos de Administración

TOTAL DE COSTOS DE ADMINISTRACIÓN..... 100 DÒLARES

COSTOS DE VENTA

Al ser el CMEE un centro que proporciona servicios sin fines de lucro y como aporte al desarrollo nacional, no se ha previsto una difusión muy agresiva de éste servicio, sino más bien para satisfacer a los clientes que requieren del mismo; por lo que exclusivamente se consideró impresión y distribución de propaganda, constituida por folletos y trípticos que informen a las empresas la implementación del servicio, ya que además la difusión será realizada por vía electrónica, lo cual no genera un gasto mayor.

RUBRO	Valor
Materiales varios	
Impresión y distribución de propaganda	300
Total	300

Cuadro 12. Costos de Venta

TOTAL DE COSTOS DE VENTA..... 300 DÒLARES

COSTOS FINANCIEROS

Los costos financieros se han determinado nulos, pues es el CMEE, la entidad que financiará el proyecto, sin solicitar dinero prestado a ninguna entidad financiera nacional ni internacional.

TOTAL DE COSTOS FINANCIEROS..... 0 DÒLARES

Para determinar el costo total del proyecto, es necesario sumar los costos de producción de servicios, costos de administración, costos de venta y los costos financieros, lo cual se puede evidenciar en el siguiente cuadro:

COSTO TOTAL DEL PROYECTO	
COSTOS DE PRODUCCIÓN DE SERVICIOS	16168
COSTOS DE ADMINISTRACIÓN	100
COSTOS DE VENTA	300
COSTOS FINANCIEROS	0
Total	16568

Cuadro 13. Costo total del Proyecto

4.3.6.2. INVERSIÓN TOTAL INICIAL

La inversión total inicial es una sumatoria del valor del equipamiento, constituido por todos los equipos que se adquieren para la implementación del laboratorio, los cuales se detallan en el siguiente cuadro, así como también la capacitación al personal involucrado, que en este caso es el capitán Jefe del Departamento Técnico, el cual como responsable del área técnica, asistirá a una pasantía de calibración en el Centro de Nacional de Metrología de México, por las razones expuestas con anterioridad, quien luego ejecutará una capacitación exhaustiva al personal que cumplirá las calibraciones directamente.

RUBRO	Valor
EQUIPAMIENTO	
CÁMARA ESTABILIZADA DE HUMEDAD THUNDER 1200	48800
TERMOHIGRÓMETRO PATRÓN HART SCIENTIFIC 1620-A	3100
EQUIPO DE COMPUTACIÓN	800
IMPRESORA	200
INSTALACIÓN DE EQUIPOS	100
CAPACITACIÓN	
PASANTÍA EN EL CENTRO NACIONAL DE METROLOGÍA DE MÉXICO	2275
PASAJES Y VIÁTICOS (01 CAPITAN, 5 DIAS)	1550
Total	56825

Cuadro 14. Inversión Inicial Total

4.3.6.3. CRONOGRAMA DE INVERSIONES

RUBROS	Presup.	I MES	II MES	III MES
1. Análisis de la factibilidad	0	X		
2. Solicitud de proformas a distribuidores	0	X		
3. Análisis y aprobación	0	X		
4. Equipamiento e instalación	53000		26500	26500
5. Capacitación	3825	3825		
6. Operación del proyecto				X

8. Costos financieros				
Total parcial (\$)		3825	26500	26500
Total acumulado (\$)		3825	30325	56825
Porcentaje parcial		6.73	46.63	46.64
Porcentaje acumulado		6.73	53.36	100.00

Cuadro 15. Cronograma de Inversión

4.3.6.4. DEPRECIACIONES

En éste punto se estableció que los equipos patrones a adquirirse, tendrán una depreciación de un veinte por ciento anual, de acuerdo a la ley tributaria del Ecuador, lo cual es posible apreciar en el cuadro adjunto.

EQUIPO	VALOR	2012	2013	2014	2015	2016
CÁMARA ESTABILIZADA DE HUMEDAD THUNDER 1200	48800	9760	9760	9760	9760	9760
TERMOHIGRÓMETRO PATRÓN HART SCIENTIFIC 1620-A	3100	620	620	620	620	620

Cuadro 16. Depreciaciones

4.3.6.5. CAPITAL DE TRABAJO

El capital de trabajo mensual es adecuado determinarlo, al sumar las alícuotas correspondientes del capital para costos de producción de servicios, el capital para costos de administración y el capital para costos de venta.

CAPITAL DE TRABAJO MENSUAL	
CAPITAL PARA COSTOS DE PRODUCCIÓN DE SERVICIOS	1347.33
CAPITAL PARA COSTOS DE ADMINISTRACIÓN	8.33
CAPITAL PARA COSTOS DE VENTA	25.00
Total de capital	1380.67

Cuadro 17. Capital de Trabajo

4.3.6.6. PUNTO DE EQUILIBRIO

El punto de equilibrio denuncia las entradas mínimas que debe tener el proyecto para no perder ni ganar, por tanto es la etapa que se produce cuando se alcanza un nivel en que con los ingresos que se logran, se pueden cubrir los costos generados.

PUNTO DE EQUILIBRIO			
COSTO	PARTE FIJA	PARTE VARIABLE	TOTAL
COSTOS DE PRODUCCIÓN DE SERVICIOS	15868	300	16168
COSTOS DE ADMINISTRACIÓN	100		100
COSTOS DE VENTA	300		300
COSTOS FINANCIEROS	0		0
Total	16268	300	16568

Cuadro 18. Punto de Equilibrio

Para el cálculo del punto de equilibrio se realiza el siguiente procedimiento:

$$PE = \frac{CF}{1 - \frac{CV}{P * Q}}$$

En donde:

MAGNITUD	DESCRIPCIÓN	VALOR
CF	Costos Fijos	15868
CV	Costos Variables.	300
P	Productos. (Primer año)	525
Q	Precio.	60
PE	Punto de Equilibrio	16020,58

Cuadro 19. Cálculo del Punto de Equilibrio

Aplicando la formula indicada y como se puede observar en el siguiente gráfico el punto de equilibrio es de **16020,58** dólares.

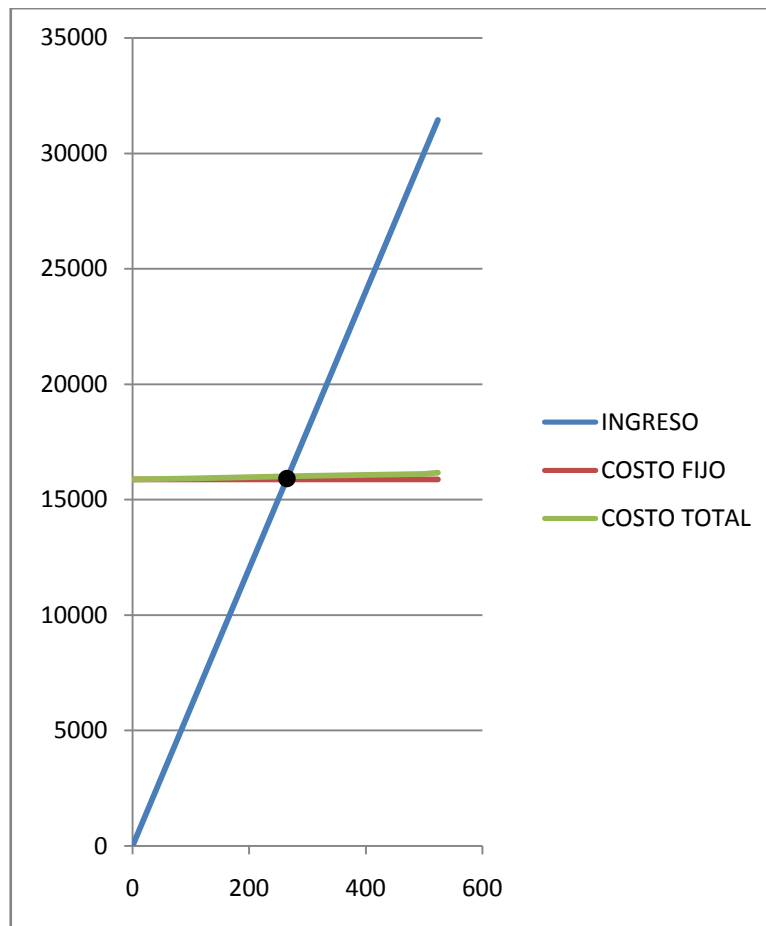


Gráfico 22. Punto de equilibrio

4.3.6.7. TASA MÍNIMA ACEPTABLE DE RENDIMIENTO.

La Tasa Mínima Aceptable de Rendimiento equivale a una tasa mínima de ganancia sobre la inversión propuesta, y es la siguiente ecuación la que la define:

$$TMAR = i + f + if$$

Que luego de realizar los cálculos correspondientes se desprende:

MAGNITUD	DESCRIPCIÓN	VALOR
i	Premio al Riesgo	0%
f	Inflación	4.23%
TMAR	Tasa Mínima Aceptable de Rendimiento	4.23%

Cuadro 20. Cálculo de la Tasa Mínima Aceptable de Rendimiento

Para poder efectuar el cálculo de la Tasa Mínima Aceptable de Rendimiento, fue necesario emplear el valor de la inflación correspondiente al 4.23 % de acuerdo al Banco Central del Ecuador, y un porcentaje de premio al riesgo de 0% de recomendado en la publicación de evaluación de proyectos cuyo autor es el Eco. Iván Escalona, donde manifiesta que es un poco problemático el análisis de una inversión gubernamental, ya que el gobierno no invierte para acrecentar el valor de sus inversiones pero tampoco considerar que habrá pérdidas. Indicando además que el premio puede llegar a ser cero, pues el gobierno no ha lucrado ni desea hacerlo con sus inversiones, y lo más lógico, que el riesgo es de cero en las inversiones que realiza el gobierno, razón por la cual sugiere que el premio al riesgo es de 0%. El análisis en el ámbito privado es diferente ya que el premio al riesgo puede variar desde un 5% para negocios de muy bajo riesgo, llegando al 50 o 60% anual, dependiendo del riesgo calculado y también de la operación de la empresa considerada.

4.3.6.8. FINANCIAMIENTO

Por constituir parte del estado no existirá financiamiento, siendo el CMEE quien realice la inversión total.

ENTIDAD	MONTO
Centro de Metrología del Ejército Ecuatoriano	56825

Cuadro 21. Inversionistas.

4.3.6.9. EVALUACIÓN FINANCIERA.

4.3.6.9.1. VALOR PRESENTE NETO.

El Valor Presente Neto es el valor económico que se consigue al restar de la inversión inicial, la suma de los flujos descontados.

$$VPN = -P + \frac{FNE_1}{(1+i)^1} + \frac{FNE_2}{(1+i)^2} + \dots + \frac{FNE_n + VS}{(1+i)^n}$$

Ecuación en la cual:

VPN es el valor presente neto.

FNE es el flujo neto de efectivo.

P es la inversión inicial.

i es la tasa de interés.

n es el número de períodos capitalizables.

Al realizar los cálculos que se desprenden de la anterior ecuación y considerando para el cálculo de ingresos y costo total, el número de calibraciones a realizarse anualmente, al precio indicado, la proyección de la demanda, la inflación anual del 4.23% (dato según el Banco Central de Ecuador), la tasa mínima aceptable de retorno, es posible alcanzar los siguientes resultados:

AÑO	INVERSION	INGRESOS	COSTO TOT.	FLUJO NETO	FACTOR	VPN ANUAL
0	56825,00					
1		31440,00	15868,00	15572,00	1,04	14940,04
2		33976,00	16539,00	17437,00	1,09	16050,42
3		36608,00	17238,00	19370,00	1,13	17106,12
4		39336,00	17967,00	21369,00	1,18	18105,61
5		42432,00	18727,00	23705,00	1,23	19269,76
					VPN TOTAL	28646,94

Cuadro 22. Valor Presente Neto

Como se observa en el cuadro, el VPN es mayor a cero lo que hace que el proyecto sea aceptable de acuerdo a los criterios de aceptación, determinados en el VPN.

4.3.6.9.2. TASA INTERNA DE RENDIMIENTO

La Tasa Interna de Rendimiento es aquella tasa de descuento que permite que el Valor Presente Neto tenga el valor igual a cero, o lo propio, es la tasa que iguala la suma de los flujos descontados a la inversión inicial.

El concepto anterior es plasmado en la siguiente ecuación:

$$VPN = \frac{FNE_1}{(1+i)^1} + \frac{FNE_2}{(1+i)^2} + \dots + \frac{FNE_n + VS}{(1+i)^n}$$

De la misma forma que se realizó anteriormente, se ejecutan los cálculos correspondientes para que el Valor Presente Neto sea cero, luego de lo cual se presentan los siguientes datos:

AÑO	INVERSION	INGRESOS	COSTO TOT.	FLUJO NETO	FACTOR	VPN ANUAL
0	56825,00					
1		31440,00	15868,00	15572,00	1,19	13033,08
2		33976,00	16539,00	17437,00	1,43	12214,55
3		36608,00	17238,00	19370,00	1,71	11356,33
4		39336,00	17967,00	21369,00	2,04	10485,65
5		42432,00	18727,00	23705,00	2,43	9735,40
					VPN TOTAL	0,00

Cuadro 23. Componentes de la Tasa Interna de Rendimiento

El cuadro indica que el Valor Presente Neto alcanzó el valor de cero al aplicar una tasa del 19,48055 %, lo que nos permite concluir que **el presente proyecto es rentable** ya que cumple con el criterio de aceptación, de que la Tasa Interna de Rendimiento es mayor que la Tasa mínima Aceptable de Rendimiento.

4.3.6.9.3. ANÁLISIS DEL RIESGO

Finalmente es fundamental considerar la presencia de algunas circunstancias económicas que podrían afectar al proyecto, una de ellas puede ser la inflación, que en conjunto con otras más graves son capaces de llevar a una empresa a la quiebra, debiendo adoptar las medidas preventivas adecuadas para evitar esta inaceptable consecuencia.

Al analizar que la Tasa Interna de Rendimiento es mayor que la Tasa mínima Aceptable de Rendimiento en buena magnitud, el proyecto planteado posee una aceptable sensibilidad lo que daría opción a reconsiderar el precio por el servicio prestado en función de la demanda real y persiguiendo el progreso del país.

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

5.1. CONCLUSIONES.

Posterior al desarrollo de éste proyecto, se puede concluir que se han cumplido los objetivos planteados, pues se ha establecido la importancia de la metrología y de la implementación del Laboratorio de Humedad del Centro de Metrología del Ejército Ecuatoriano.

Como se ha manifestado la metrología es una ciencia que se encuentra íntimamente vinculada con muchas otras como la física, estadística, matemática, mecánica, y éste caso particular la humedad, con todas aquellas en que las variaciones de las condiciones ambientales comprometan sus resultados; mediante la elaboración de éste proyecto se ha logrado conseguir las bases precisas para que los interesados en el contenido, tengan un panorama general para su estudio y ampliación.

Como éste proyecto existirán muchos más, que requieren del apoyo necesario para poder ejecutarlos y que servirán de guía para el desarrollo tecnológico del Ecuador, y básicamente para el control de calidad en la industria en general, que con sus emprendedoras empresas participan en un mercado sumamente competitivo que exige el cumplimiento de rigurosas normas internacionales.

Se han considerado las siguientes conclusiones, dando cumplimiento primeramente a los objetivos iniciales y a los puntos que fueron abordados en el presente trabajo:

- Los albores de la humanidad fueron el escenario propicio para que la Metrología pase a ser factor fundamental para su desarrollo, pues mediante las mediciones ha sido y es posible investigar y normalizar todos

los campos del conocimiento, que le han permitido alcanzar los actuales avances mundiales.

- Desde siempre y más aún hoy, la metrología desempeña una función muy importante en todas las áreas, ya que participa activamente en las actividades cotidianas y concretamente en esferas comerciales, industriales, legales y académicas, donde colabora con absoluta certeza para su perfeccionamiento. La presentación en éste trabajo, de conceptos y explicaciones en el área de humedad han permitido lograr un diseño detallado en cuanto al equipamiento y condiciones generales que debe tener un laboratorio de humedad para lograr su objetivo.
- Todas las ciencias, apoyadas en la metrología, deben proporcionar una adecuada medida de las magnitudes, conformando la fuente principal para los entes de normalización, y además constituyendo un soporte fundamental para el control de calidad de las empresas, permitiendo que el único beneficiario sea el consumidor en general.
- En el Ecuador el gremio productivo está creciendo, y las empresas deben enfrentar una alta competitividad, y por tanto deben estar dispuestas a triunfar, ofreciendo a sus clientes, productos de excelente calidad; que únicamente conseguirán cuando sus procesos igualen y mejoren los estándares internacionales.
- Mediante el presente trabajo se ha establecido que el Laboratorio de Humedad, contribuirá a un sinnúmero de empresas, entre ellas, las citadas en el estudio de mercado que ha sido desarrollado, y donde se ha determinado que existe una buena cantidad de equipos de medición de humedad en las empresas, que requieren del servicio de calibración y las cuales están dispuestas a ocupar este importante servicio especializado, que les permitirá lograr sus objetivos, garantizando que sus procedimientos son óptimos y adecuados.

- En nuestro país no se dispone de un laboratorio de Humedad acreditado encaminado a proporcionar a las empresas esta clase de servicio, por lo que hubo dificultad en obtener la información, pues las empresas proveedoras de estos equipos patrones deben importarlos con sus certificados de calibración avalados con trazabilidad reconocida a laboratorios acreditados. Con una adecuada operación de estos patrones luego de que se ha logrado desarrollar y estandarizar el procedimiento de calibración para termohigrómetros, higrómetros y psicrómetros, que será ejecutado en éste laboratorio; se conseguirá brindar un servicio de calidad que cumpla básicamente con la norma NTE INEN ISO/IEC 17025 y con la normativa nacional e internacional.
- Se puede concluir además que es factible la implementación del laboratorio de Humedad que realizará la calibración de instrumentos de medición de ésta magnitud, como los termohigrómetros, higrómetros y psicrómetros, lo que permitirá a la industria, tener instrumentos que proporcionen medidas precisas y confiables, que serán utilizadas en sus procesos de producción. Factibilidad que ha sido posible establecerla luego que ha cumplido con los criterios de aceptación de evaluación de proyectos, como el Valor Presente Neto mayor a cero, y una Tasa Interna de retorno mayor a la Tasa Mínima aceptable de retorno.
- Esta área del conocimiento no ha sido debidamente explotada por lo que es interesante disponer de una base de estudio, para continuar con el progreso de procedimientos, actividades e investigaciones para el control de la humedad.
- La Metrología establece un servicio trascendental para la sociedad, y requiere de una inversión bastante fuerte para equipamiento, custodia, mantenimiento de la trazabilidad de patrones y capacitación del personal, por lo que es importante a nivel gubernamental establecer y cumplir políticas que fortalezcan este campo, que lo único que persigue es el beneficio de todo el conglomerado humano del país.

5.2. RECOMENDACIONES.

Muchos países a nivel mundial han tomado la batuta en el desarrollo metrológico, y han dado varias premisas para el diseño de un laboratorio metrológico, pues luego de muchos años de amplia experiencia se establecieron como recomendaciones a ser aplicadas considerando la magnitud, aplicación, su proyección a futuro y el ambiente de trabajo.

En virtud de lo manifestado siempre se cumplirán las recomendaciones técnicas aplicables en el diseño de un laboratorio, pero sin dejar de lado también los factores indicados, todo esto con el afán de conseguir la acreditación del mismo, y de esta forma garantizando fundamentalmente que el servicio brindado será de óptima calidad.

Tomando en consideración la función que cumplirá el laboratorio, se han establecido las siguientes recomendaciones:

- El Centro de Metrología del Ejército Ecuatoriano podrá ser ampliado con el Laboratorio de Humedad, ante lo cual será inminente ejecutar ciertas adecuaciones físicas, con la finalidad de lograr su objetivo, que es constituirse en líder de calibraciones, para de esta manera contribuir al desarrollo del país.
- La implementación del laboratorio se debe realizar considerando todos los trámites establecidos para este tipo de proyectos, y con la premisa de obtener el máximo beneficio posible de las empresas proveedoras, para el Centro de Metrología y el personal que se encuentra laborando en sus instalaciones.
- Es fundamental verificar que este laboratorio cumpla las recomendaciones técnicas establecidas en el presente trabajo, para poder tener las mejores condiciones laborales y conseguir excelentes resultados aplicables en la industria.

- El talento humano que sea seleccionado para laborar en el laboratorio deberá ser cualificado de acuerdo al sistema de gestión del centro, lo que garantiza que sea competente para ejecutar el trabajo a él encomendado de acuerdo a la norma internacional.
- Es importante que el Gobierno Ecuatoriano por medio de la ley de calidad y políticas afines impulse a la metrología en nuestro país, y poder disponer de Laboratorios de Referencia Nacionales dotados de los últimos avances tecnológicos, que les permitan cumplir sus funciones eficientemente a fin de beneficiar a todos los sectores de la población ecuatoriana.
- Es necesario ejecutar programas de capacitación adecuados, por lo que deben realizarse pasantías y cursos en laboratorios internacionales, para que la transferencia tecnológica sea completa y mantener un personal altamente capacitado y competente para desempeñar eficazmente sus responsabilidades.
- Es preponderante que los órganos educativos del país, incluyan en sus programas la ciencia metrológica, tan importante en el diario vivir, de la cual muy poca gente conoce en realidad y por tanto también desconoce de los beneficios que conlleva una adecuada explotación de sus principios.
- A nivel estatal es importante el apoyo al Instituto Nacional de Normalización (INEN) y al Organismo de Acreditación Ecuatoriano (OAE), los cuales tienen un papel fundamental en la ley de calidad, para cumplir y hacer cumplir los estándares internacionales en beneficio de todos quienes forman parte de este importante país en vías de desarrollo.

BIBLIOGRAFÍA.

- DUNN WILLIAM C., Fundamentals of Industrial Instrumentation and Process Control, McGraw-Hill, United States of America, 2005.
- HELFRICK ALBERT, Instrumentación Electrónica Moderna y Técnicas de medición, Prentice Hall Hispanoamericana, México, 1991.
- INEN, Norma NTE INEN ISO/IEC 17025, Ecuador, 2006.
- BIPM, Guía para la expresión de la incertidumbre en la medición (GUM), Francia, 1998.
- BIPM, Vocabulario Internacional de Metrología (VIM), Francia, 2008.
- METAS, Guía Técnica de Metrologos Asociados de México, 2001.
- NCSL, Conferencia Nacional de Laboratorios Estándares, Norma RP-7, Especificaciones Recomendadas para Laboratorios Metrológicos.
- CENAM, Información de seminarios, pasantías y técnicas del personal del Centro de Metrología del Ejército Ecuatoriano.
- GABRIEL BACA URBINA, Evaluación de Proyectos, McGraw-Hill, México 2006.
- STANTON WILLIAM, Fundamentos de marketing, 11a. Edición, México, 1999.
- ESCALONA IVAN, Evaluación de Proyectos, www.Gestiopolis.com.

Anexo “A”. Formato del cuestionario de la encuesta.

CENTRO DE METROLOGÍA DEL EJÉRCITO ECUATORIANO

ENCUESTA

El Centro de Metrología del Ejército Ecuatoriano (C.M.E.E.) presta servicios de calibración a las empresas ecuatorianas, con la intención de mejorar la calidad en nuestro país; razón por la que está interesado en innovar el servicio de calibración, realizando una investigación para determinar la necesidad de calibrar instrumentos de humedad en instituciones e industrias nacionales.

El objetivo de ésta encuesta es recopilar información, y de ninguna manera una auditoría a su institución o empresa.

Por la situación expuesta se agradece su valiosa colaboración al facilitar la información solicitada en este cuestionario.

DATOS DE LA EMPRESA.

Nombre:

Especialidad:

Dirección:

Teléfono:

E-mail:

Ciudad:

Fecha de realización de la encuesta:

1.- INVESTIGACIÓN DE INSTRUMENTOS.

a.- ¿ En los procesos que realiza su empresa, utiliza algún instrumento de relacionado a la humedad?

INSTRUMENTO	DETALLES	
	MARCA	MODELO

b.- ¿Cuál es el uso de estos instrumentos?

- 1.....
- 2.....
- 3.....
- 4.....

c.- ¿De cuántos instrumentos de humedad dispone en su empresa?

.....

d.- Indique cual de los siguientes instrumentos utiliza:

Higrómetros
Psicrómetros

☐
☐

Termohigrómetros
Otros

☐
☐

Especifique.....

2.- NECESIDAD DE SERVICIOS.

a.- ¿ Su empresa ha necesitado calibrar sus instrumentos de humedad?

SI ☐

NO ☐

Si su respuesta es No explique. ¿Por qué?.....
.....

b.- ¿ Con qué frecuencia realiza las calibraciones de sus instrumentos de humedad?

Anual ☐

semestral ☐

otros ☐

nunca ☐

¿Por qué?.....

c.- ¿ Cuántos instrumentos de humedad de su empresa, requieren ser calibrados en un laboratorio externo?

.....

d.- ¿ Conoce Ud. laboratorios de calibración de instrumentos de humedad ?

SI ☐

NO ☐

Si su respuesta es Si ¿Cuáles?.....
.....
.....

e.- ¿ De los instrumentos de medición que posee su empresa, alguno ha sido calibrado en el Centro de Metrología del Ejército Ecuatoriano ?

SI ☐ NO ☐ No sabía que existe ☐

f.- ¿ Si el Centro de Metrología del Ejército Ecuatoriano, brindara servicio de calibración de instrumentos de humedad, lo utilizaría?

SI ☐ NO ☐

¿Por qué?.....

g.- ¿Cuál sería su recomendación para éste Centro de Metrología?

.....
.....
.....

EL C.M.E.E. AGRADECE SU ATENCIÓN.